ELETTRONICA PRATICA

RIVISTA MENSILE PER GLI APPASSIONATI
DI ELETTRONICA - RADIO - OM - 27 MHz

PERIODICO MENSILE - SPED. IN ABB. POST. GR. 3°/70 - ANNO XX - N. 10 - OTTOBRE 1991
ED. ELETTRONICA PRATICA - VIA ZURETTI, 52 - 20125 MILANO - TEL. 02/6697945
L. 5.000

PRIMI PASSI

MODULI
FOTO
ACCOPPIATORI

SUONI COMUNI
CANTI D'UCCELLI
RUMORI SPAZIALI

SPERIMENTALE
DIDATTICO

FUNZIONA
CON ENERGIA
SOLARE

RICEVITORE OM

STRUMENTI DI MISURA

MULTIMETRO DIGITALE
MOD. TS 280 D - L. 132.000

CARATTERISTICHE GENERALI
7 Campi di misura - 31 portate - Visualizzatore cristallo liquido a 3½ cifre altezza mm 12,5 montato su elastomeri - Integrati montati su zoccoli professionali - Batteria 9 V - Autonomia 1000 ore per il tipo zinco carbone, 2000 ore per la batteria alcalina - Indicatore automatico di batteria scarica quando rimane una autonomia inferiore al 10% - Fusibile di protezione - Bassa portata ohmmetrica (20 Ω) - 10 A misura diretta in D.C. e A.C. - Cicalino per la misura della continuità e prova diodi - Boccole antinfortunistiche - Dimensione mm 170 x 87 x 42 - Peso Kg 0,343

PORTATE
VOLT D.C = 200 mV - 2 V - 20 V - 200 V - 1000 V
VOLT A.C. = 200 mV - 2 V - 20 V - 200 V - 750 V
OHM = 20 Ω - 200 Ω - 2 KΩ - 20 KΩ - 200 KΩ - 2 MΩ - 20 MΩ
AMP. D. C. = 200 μA - 2 mA - 20 mA - 200 mA - 2000 mA - 10 A
AMP. A.C. = 200 μA - 2 mA - 20 mA - 200 mA - 2000 mA - 10 A

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico e distinta dei componenti - Puntali antinfortunistici - Coccodrilli isolati da avvitare sui puntali.

TESTER ANALOGICO
MOD. TS 260 - L. 62.000

CARATTERISTICHE GENERALI
7 Campi di misura - 31 portate
Sensibilità : 20.000 Ω/V D.C. - 4.000 Ω/V A.C.
Dimensioni : mm 103 x 103 x 38
Peso : Kg 0,250
Scala : mm 95
Pile : 2 elementi da 1,5 V
2 Fusibili
Spinotti speciali contro le errate inserzioni

PORTATE
VOLT D.C = 100 m V - 0,5 V - 2 V - 5 V - 20 V - 50 V - 100 V - 200 V - 1000 V
VOLT A.C. = 2,5 V - 10 V - 25 V - 100 V - 250 V - 500 V - 1000 V
OHM = Ω x 1 - Ω x 10 - Ω x 100 - Ω x 1000
AMP. D.C. = 50 μA - 500 μA - 5 mA - 50 mA - 0,5 A - 5 A
AMP. A.C. = 250 μA - 1,5 mA - 15 mA - 150 mA - 1,5 A - 10 A
CAPACITÀ = 0 ÷ 50 μF - 0 ÷ 500 μF (con batteria interna)
dB = 22 dB - 30 dB - 42 dB - 50 dB - 56 dB- 62 dB

ACCESSORI
Libretto istruzione con schema elettrico e parti accessorie - Puntali

ENERGIA SOLARE

Due anni or sono, questo periodico svolse un programma editoriale ambizioso, proponendo, al vasto pubblico dei lettori, la trasformazione dell'energia solare in quella elettrica, per mezzo di una o più cellule fotovoltaiche. Con le quali, mese dopo mese, i nostri tecnici sono stati impegnati a progettare innumerevoli e suggestivi apparati, che hanno avuto successo per la loro utilità ed originalità. Poi l'argomento si è progressivamente e lentamente esaurito, anche perché il sistema di conversione energetica non si è rivelato tra i più economici. Oggi, tuttavia, a giusta ragione, si afferma che l'energia solare costa meno, perché il progresso tecnologico, anche in questo settore, ha compiuto passi giganteschi, tali da riproporla al mondo intero per la sua eterna validità, per la sua vantaggiosa sostituzione con le fonti energetiche tradizionali, quali il petrolio, il metano, il carbone, per l'assenza totale di inquinamento che ne consegue dall'uso. Noi stessi, dunque, fin da questo fascicolo, abbiamo voluto rientrare nel tema, iniziando con la presentazione di un generatore elettronico solare, di notevole contenuto didattico e interesse pratico. Al quale, nei prossimi numeri, si aggiungeranno altri stimolanti dispositivi, mirati a sensibilizzare e convincere chi ci legge che, fra le energie alternative, da fonti pulite ed inesauribili, il posto d'onore spetta per eccellenza a quella solare.

NORME DI ABBONAMENTO

Quote valevoli per tutto il 1991

PER L'ITALIA L. 50.000

PER L'ESTERO L. 60.000

La durata dell'abbonamento è annuale, con decorrenza da qualsiasi mese.

Per sottoscrivere un nuovo abbonamento, o rinnovare quello scaduto, basta inviare l'importo a:

ELETTRONICA PRATICA

VIA ZURETTI, 52 - 20125 MILANO

servendosi di vaglia postale, assegno bancario o circolare, oppure tramite c.c.p. N. 916205. Si prega di scrivere con la massima chiarezza, possibilmente in stampatello, citando con grande precisione: cognome, nome, indirizzo e data di decorrenza dell'abbonamento.

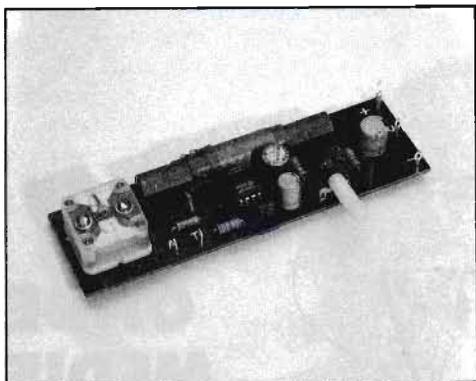
ABBONARSI: significa acquisire il diritto a ricevere in casa propria, tramite i servizi postali di Stato, tutti i fascicoli mensili editi nel corso dell'anno.

ABBONARSI: vuol dire risparmiare sulla corrispondente spesa d'acquisto del periodico in edicola. Soprattutto perché si blocca il prezzo iniziale di copertina nel tempo di dodici mesi.

È possibile sottoscrivere l'abbonamento o rinnovare quello scaduto direttamente presso la nostra sede:

ELETTRONICA PRATICA - 20125 MILANO - VIA ZURETTI, 52 - TEL. 6697945

ELETTRONICA PRATICA

RIVISTA MENSILE DI ELETTRONICA - ANNO 20 - N. 10 OTTOBRE 1991

LA COPERTINA - Riproduce il modulo elettronico del radioricevitore sperimentale per l'ascolto, in altoparlante, dei programmi radiofonici trasmessi sulle onde medie. L'apparecchio è stato progettato per funzionare anche con l'energia solare.

editrice
ELETTRONICA PRATICA

direttore responsabile
ZEFFERINO DE SANCTIS

disegno tecnico
CORRADO EUGENIO

stampa
TIMEC
ALBAIRATE - MILANO

Distributore esclusivo per l'Italia:
A.&G. Marco - Via Fortezza n. 27 - 20126 Milano tel. 25261 autorizzazione Tribunale Civile di Milano - N. 74 del 29-12-1972 - pubblicità inferiore al 25%.

UNA COPIA L. 5.000

ARRETRATO L. 5.000

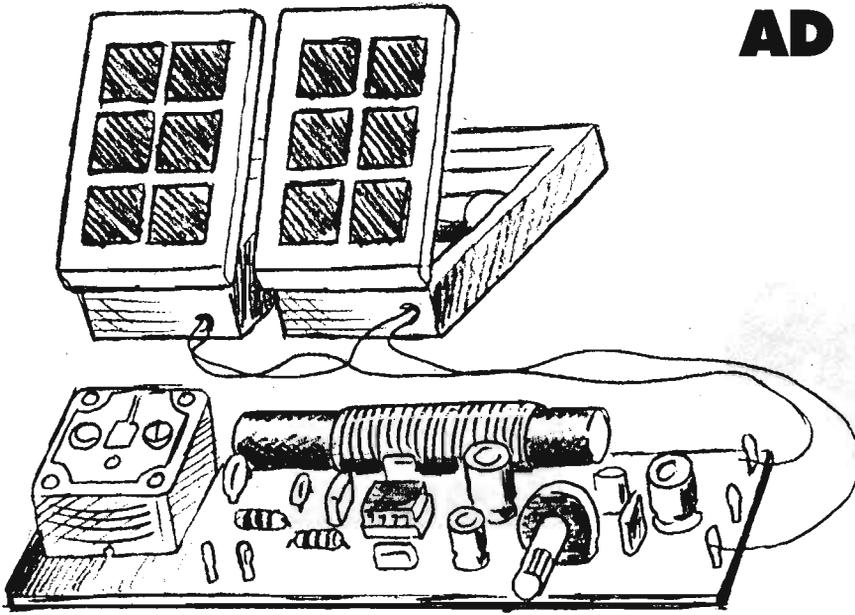
I FASCICOLI ARRETRATI DEBBONO ESSERE RICHIESTI ESCLUSIVAMENTE A:
ELETTRONICA PRATICA
Via Zuretti, 52 - 20125 MILANO

DIREZIONE - AMMINISTRAZIONE - PUBBLICITÀ - VIA ZURETTI 52 - 20125 MILANO

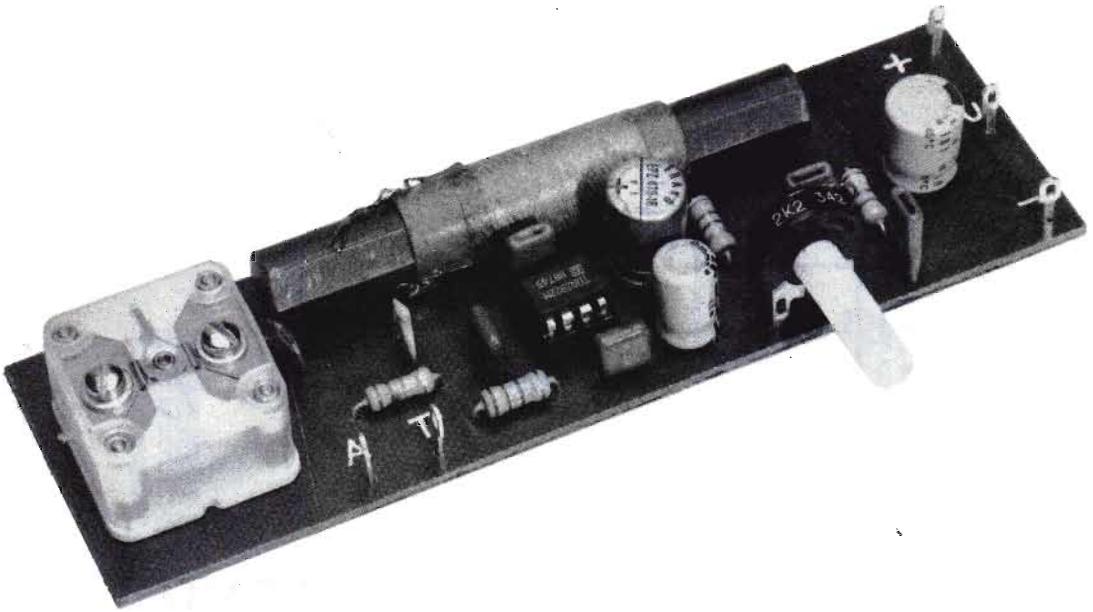
Sommario

20125 MILANO - VIA ZURETTI, 52 - Telefono (02) 6697945

AD ENERGIA SOLARE

ONDE MEDIE

RADIORICEVITORE SPERIMENTALE

La composizione del modulo elettronico di un radioricevitore portatile, in grado di captare i segnali ad onda media e di trasformarli in voci e suoni attraverso un piccolo altoparlante, rappresenta un semplice esercizio pratico, che mette alla prova le attitudini dell'appassionato di elettronica e lo invita, in pari tempo, a raggiungere un importante traguardo nella didattica della radiotelefonia. Questa volta, tuttavia, ai due obiettivi menzionati se ne aggiunge un terzo, valido per tutti i lettori, di grandissimo interesse sperimentale, che soltanto le attuali tecnologie possono offrire: quello della verifica delle eccezionali caratteristiche del più piccolo integrato di potenza finora mai prodotto e che, nei nostri laboratori, ha rilevato risorse davvero incredibili e sul quale, più avanti, avremo occasione di soffermarci minuziosamente. Mentre

L'impiego di una sola pila o di qualche cellula solare è sufficiente per far funzionare questo interessante apparecchio radioricevente, la cui realizzazione costituisce pure una breve, ma valida lezione di radiotecnica pratica.

per ora vogliamo citare alcune notizie relative alla progettazione e realizzazione di un piccolo apparecchio radio che, necessariamente, deve essere alimentato a pile o a cellule solari.
Quando l'energia che fa funzionare un apparato elettronico è derivata da una o più pile, si debbono obbligatoriamente affrontare alcune limitazioni. Prima fra tutte quella della riduzione al minimo della tensione di alimentazione, considerando che, ad ogni aumento di 1,5 V, corrisponde l'inserimento di un ulteriore elemento di pila. Poi l'attenzione va rivolta al consumo di energia, che implica l'impiego di componenti a basso dispendio di potenza elettrica.
Quindi occorre prodigarsi nella ricerca di configurazioni circuitali opportune, che mantengano al minimo l'assorbimento di corrente, soprattutto quando il dispositivo assume la condizione di riposo. Inoltre, ci si deve ricordare che l'apparecchiatura deve risultare di piccole dimensioni, leggera, resistente agli urti meccanici, composta di parti di facile reperibilità commerciale ed economicamente accessibile a tutte le borse.
Fino a qualche tempo fa, quando si volevano realizzare circuiti in grado di funzionare con tensioni a partire da 1,5 V, si dovevano concepire dei progetti a transistor alquanto complessi, ricorrendo talvolta all'uso di costosi e poco

Con l'impiego di un integrato amplificatore doppio di potenza.

I collegamenti di antenna-terra sono necessari solo in presenza di segnali deboli.

L'ascolto, in altoparlante, è perfetto.

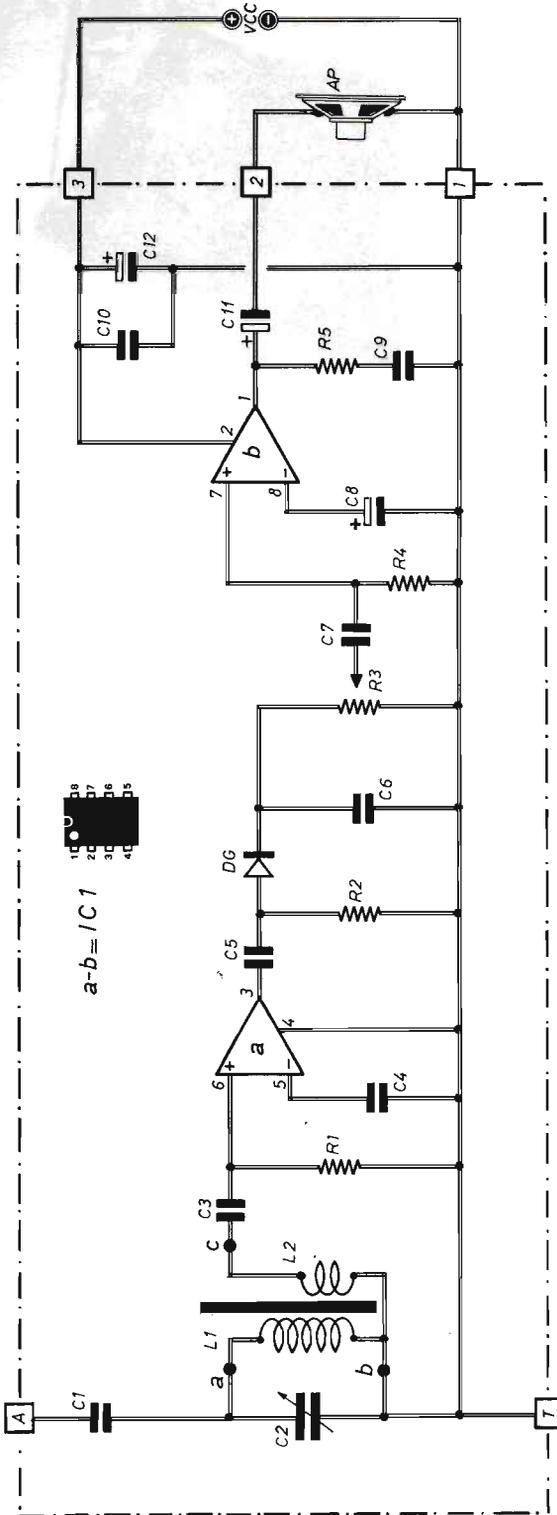



Fig. 1 - Progetto completo del radioricevitore per onde medie con ascolto in altoparlante. Le linee tratteggiate delimitano lo schema interamente composto su circuito stampato. L'alimentazione, di tipo a pile o cellule fotovoltaiche, può assumere valori compresi fra 1,5 Vcc e 4,5 Vcc. Tramite R3 si regola il volume sonoro in altoparlante.

COMPONENTI

Condensatori

C1	=	330 pF (ceramico)
C2	=	330 pF (variabile)
C3	=	2.200 pF (ceramico)
C4	=	1 µF (non polarizz.)
C5	=	10.000 pF (ceramico)
C6	=	100.000 pF (ceramico)
C7	=	1 µF (non polarizz.)
C8	=	100 µF - 16 Vl (elettrolitico)
C9	=	100.000 pF (ceramico)
C10	=	100.000 pF (ceramico)
C11	=	220 µF - 16 Vl (elettrolitico)
C12	=	470 µF - 16 Vl (elettrolitico)

Resistenze

R1	=	15.000 ohm - 1/4 W
R2	=	8.200 ohm - 1/4 W
R3	=	2.200 ohm (trimmer)
R4	=	8.200 ohm - 1/4 W
R5	=	4,7 ohm - 1/4 W

Varie

L1-L2	=	bobine (vedi testo)
IC1	=	integrato (TDA 2822M)
DG	=	diodo-germanio (quals. tipo)
AP	=	altoparlante (8 ohm)
VCC	=	1,5 Vcc ÷ 4,5 Vcc

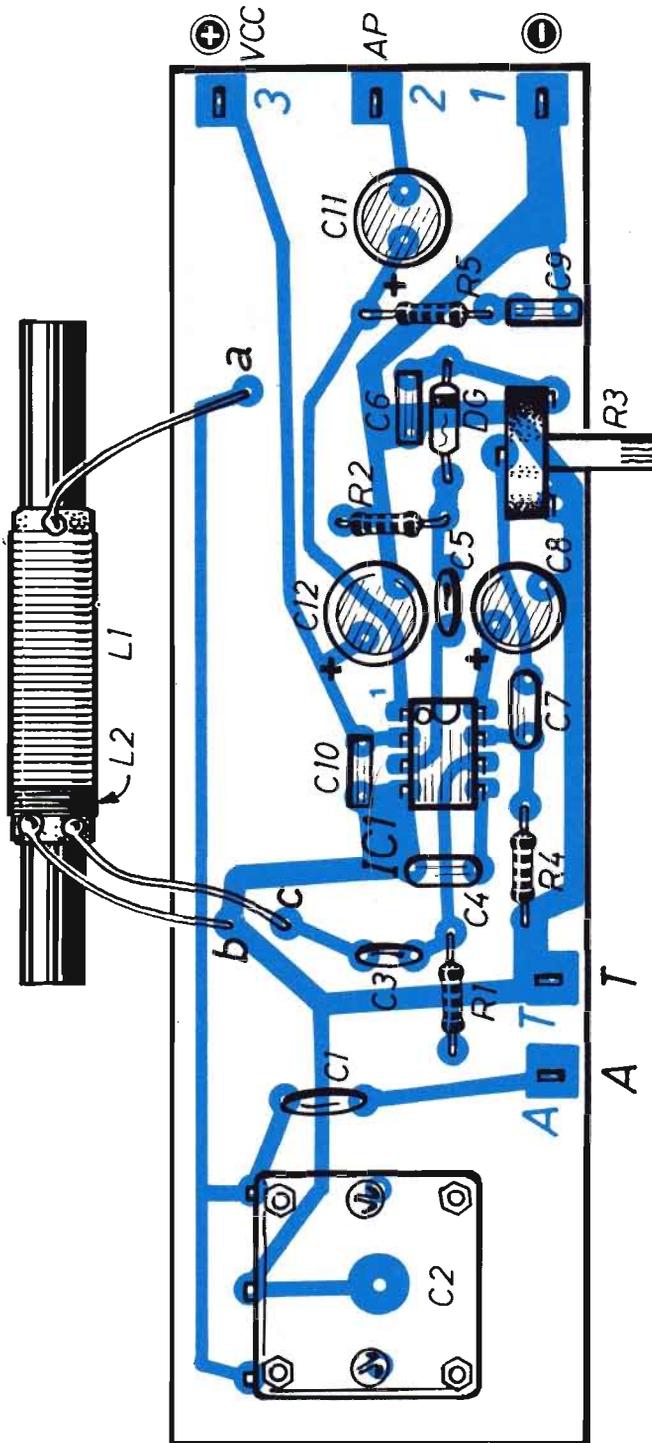



Fig. 2 - Piano costruttivo del modulo elettronico del radioricevitore per onde medie descritto nel testo. Il componente L1 - L2 - Ferrite, è stato disegnato ad una certa distanza dalla basetta supporto al solo scopo di evidenziare i collegamenti dei tre terminali contrassegnati con le lettere "a - b - c".

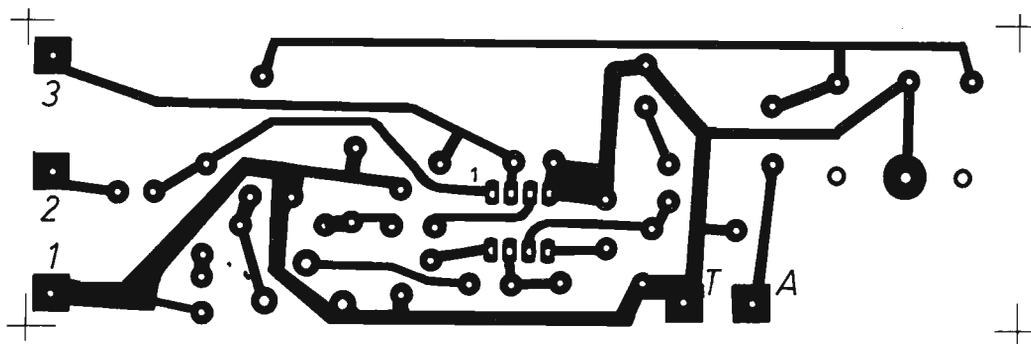



Fig. 3 - Disegno in grandezza naturale del circuito stampato che il lettore dovrà riportare su una delle due facce di una basetta di materiale isolante delle dimensioni di 13,3 cm x 4 cm.

efficienti convertitori di tensione. Oggi, invece, lo sviluppo tecnologico, sollecitato anche dalle forti richieste commerciali, ha immesso sul mercato intere famiglie di integrati, le cui applicazioni spaziano dalla logica alla elaborazione dei segnali, dalle telecomunicazioni agli strumenti di misura e controllo, dal telefono cellulare ai più disparati oggetti di uso domestico.
Questi integrati, a volte molto piccoli e dotati di un numero esiguo di piedini, considerati poco più di un comune transistor, racchiudono internamente gli sforzi compiuti da decine di migliaia di tecnici e scienziati, che hanno operato in vari settori della fisica, della chimica, della fotolitografia, con il risultato di interessare suerfici di infima misura e con risultati, in molti casi, superiori alle aspettative e a quanto prudenzialmente dichiarato. Perché la tecnica ha consentito la realizzazione di transistor che agiscono su frequenze comprese fra alcune centinaia di megahertz ed il gigahertz, anche in quegli integrati destinati ad impieghi in bassa frequenza. E ciò grazie soprattutto alla riduzione delle piccole dimensioni, che si identificano con le minime capacità, con le ridotte induttanze parassite e la grande possibilità di controllo dei flussi di corrente. Anche se questo non vuol dire che il circuito complessivo, che generalmente incorpora un numero di transistor che si estende dalle cinquanta unità a qualche milione di esemplari, possa operare efficacemente con frequenze tanto alte. Ma significa certamente che, in condizioni particolari, è possibile, pure non con tutti i circuiti disponibili, andare ben oltre i termini fissati, per sfruttare maggiormente al limite la frequenza di lavoro dei singoli transistor.

L'INTEGRATO TDA 2822M

I nostri tecnici, abilissimi nel saper utilizzare ogni possibilità dei componenti comuni, hanno individuato nel modello di integrato TDA 2822M, che in precedenza abbiamo definito come il più piccolo componente di potenza forse mai prodotto prima d'ora, alcune risorse veramente straordinarie. Infatti, questo elemento, dall'aspetto esteriormente modesto, racchiude, nel suo piccolo contenitore, un amplificatore stereofonico di potenza, in grado di erogare la corrente di 1 A per ciascuno dei due canali, rivelandosi completo degli stadi preamplificatori e di polarizzazione.
L'integrato, di cui si fa uso nel progetto del ricevitore radio ad onde medie, pubblicato in figura 1, può funzionare con tutti i valori di tensione compresi fra 1,8 Vcc e 15 Vcc, ma come accade per quasi tutti gli altri integrati, anche questo può essere alimentato con la tensione di 1,5 Vcc, lievemente inferiore a quella minima prescritta.
Lo stadio d'uscita del componente elettronico, siglato con IC1 nello schema di figura 1, è a simmetria quasi complementare, allo scopo di

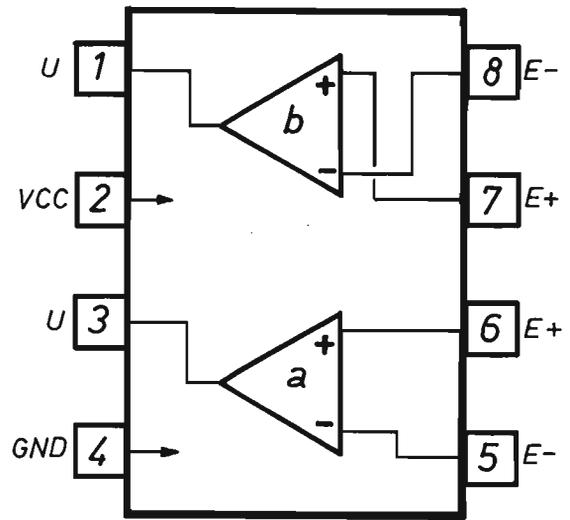



Fig. 4 - Schema di corrispondenza fra le due sezioni dell'integrato TDA 2822M e gli otto piedini di cui è fornito il componente.

essere efficiente sui segnali forti.
Una tale sezione, nei comuni integrati, presenta il famoso difetto di consumare troppa energia, in presenza di deboli segnali o in assenza totale di questi, sollevando pure l'inconveniente della famigerata distorsione d'incrocio, che viene introdotta dal transistor durante la transizione da acceso a spento. Dunque, soltanto se si riesce ad eliminare la forte corrente di riposo, che mantiene accesi i transistor finali, anche in presenza di piccoli segnali, gli inconvenienti citati possono rimanere soppressi.
Nell'integrato TDA 2822M è presente un particolare circuito brevettato, che avvia la corrente di polarizzazione soltanto quando questa serve e non in assenza di segnali o in presenza di quelli forti, riducendo al minimo il consumo di corrente nello stato di riposo ed annullando la distorsione d'incrocio, che è quella che in pratica determina il suono gracchiante.
In figura 4 è pubblicato lo schema a blocchi dell'integrato IC1 con la rispettiva piedinatura numerata dall'1 all'8 ed interpretata attraverso le varie lettere alfabetiche dal seguente significato:

piedino 1 - U = uscita sez. b
piedino 2 - VCC = alim.
piedino 3 - U = uscita sez. a
piedino 4 - GDN = terra
piedino 5 - E— = entr. inv. (a)
piedino 6 - E+ = entr. non inv. (a)
piedino 7 - E+ = entr. non inv. (b)
piedino 8 - E— = entr. inv. (a)

In figura 5 è pubblicato il circuito elettrico interno all'integrato TDA 2822M. In questo si possono notare le due sezioni uguali posizionate a destra e a sinistra dello schema, mentre i due piccoli rettangoli, rilevabili nella zona centrale, simboleggiano i circuiti di stabilizzazione. I doppi anelli, invece, identificano i generatori di corrente.
In realtà, nello schema di figura 5 sono resi visibili solamente i semiconduttori impegnati nel processo vero e proprio di amplificazione, mentre non appaiono disegnati tutti gli altri elementi di servizio, come ad esempio quelli di protezione, accensione, funzione di stand-by ed altro ancora.

CIRCUITO DEL RICEVITORE

Ritenendo completata l'analisi dell'integrato, che presiede al funzionamento del circuito del radioricevitore, passiamo ora all'esame del progetto di figura 1.
Sul morsetto contrassegnato con la lettera A va

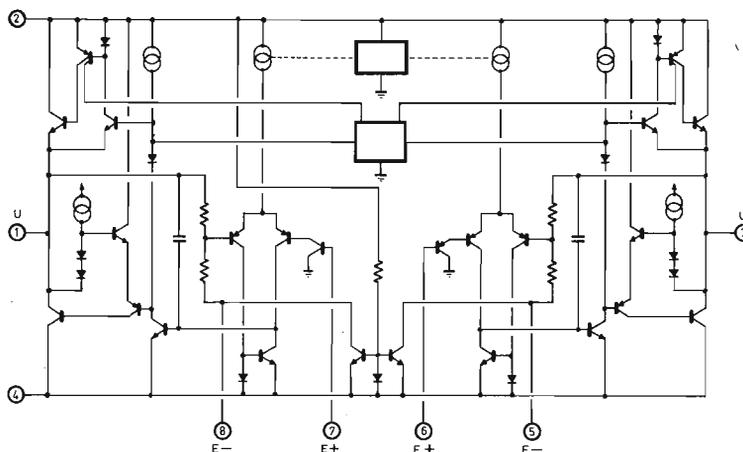



Fig. 5 - Circuito elettrico interno all'integrato TDA 2822M, nel quale si possono notare le due sezioni uguali, a destra e a sinistra e, nella zona centrale, i due piccoli rettangoli, che simboleggiano i circuiti di stabilizzazione. I doppi anelli, invece, identificano i generatori di corrente.

collegato il conduttore di discesa dell'antenna, che può essere rappresentato da uno spezzone di conduttore qualsiasi, mentre l'antenna vera e propria si rende necessaria in quelle località di ascolto in cui i segnali radio sono assai deboli.
Sul morsetto segnalato con la lettera T si applica la linea di terra, ovvero il conduttore elettrico che, all'estremità opposta, raggiunge il rubinetto dell'acqua od una tubazione dell'impianto di riscaldamento.
Sulla linea di discesa dell'antenna è presente il condensatore C1, che isola le componenti elettriche continue, quelle, ad esempio, generate dalle cariche elettrostatiche. Ma C1 provvede pure ad eliminare i segnali di bassa frequenza che, in altoparlante, si trasformerebbero in rumori di disturbo e stabilisce anche l'accordo con l'antenna. Per esso è stato prescritto il valore di 330 pF, ma questo può variare fra i limiti estremi di 33 pF e 3.300 pF, allo scopo di raggiungere i migliori risultati compatibili con il modello di antenna adottato.
Il condensatore variabile C2 rappresenta il comando manuale di sintonia, quello che consente all'utente la ricerca delle emittenti radiofoniche ad onda media.
Assieme agli avvolgimenti L1 - L2, il variabile C2 compone il circuito oscillante. Dunque, il condensatore C2 seleziona i segnali radio captati dall'antenna ed applicati al circuito oscillante, per concedere via libera soltanto ad uno di questi, quello che si desidera ascoltare. Infatti, la posizione delle lamine mobili di C2 rispetto a quelle fisse stabilisce, unitamente alle caratteristiche radioelettriche delle bobine L1 - L2, la frequenza di risonanza, che si identifica con quella del segnale radio che si vuol ricevere.
Le grandezze elettriche, che caratterizzano il circuito oscillante, sono essenzialmente due: l'induttanza e la capacità. La prima è introdotta dalle bobine, la seconda dal condensatore. Collegati assieme, in questo caso in parallelo, questi elementi compongono il circuito oscillante, chiamato pure circuito accordato, dato che, durante la rotazione del perno di C2, si "accorda" il circuito sulla frequenza della emittente in ascolto. Con la sua elevata impedenza soltanto durante la risonanza, infatti, il circuito oscillante cortocircuita le frequenze fuori banda.
L'avvolgimento L2 costituisce il secondario di L1, allo scopo di offrire una bassa impedenza

agli stadi successivi, in pratica per non caricare il circuito oscillante e consentire una elevata selettività.
Sotto l'aspetto teorico, il circuito risonante deve considerarsi perfetto, ma in realtà le cose non vanno così. Perché a causa dell'induttanza e del carico collegato a valle le condizioni ideali di funzionamento non sono più rispettate. Conseguentemente si verifica una diminuzione della caratteristica di risonanza del circuito stesso o, come si suol dire nel linguaggio tecnico, del "fattore di merito", meglio noto come fattore "Q".
Tanto più è elevato il fattore di merito Q di un circuito accordato, tanto più sensibile e selettivo esso appare.

AMPLIFICAZIONE RF

Esaurito l'esame del circuito di sintonia del ricevitore radio, procediamo ora con quello dell'amplificazione a radiofrequenza esercitata dalla sezione "a" dell'integrato IC1.
L'accoppiamento fra il circuito di sintonia e la rimanente parte circuitale dello schema di figura 1, è ottenuto tramite il condensatore C3, il quale isola la componente continua presente sugli ingressi di IC1, impedendo a questa di raggiungere il circuito accordato. Infatti, occorre ricordare che l'integrato contiene una rete di polarizzazione, che stabilisce il punto di lavoro dei transistor e che agisce sull'ingresso invertente di IC1, praticamente sul piedino 5.
La resistenza R1 chiude verso massa la corrente di polarizzazione dell'ingresso non invertente della sezione "a" di IC1, cioé del piedino 6. Il condensatore C4, invece, chiude verso il circuito di terra, almeno per quanto riguarda i segnali alternati, l'ingresso invertente della stessa sezione dell'integrato identificabile sul piedino 5. Inoltre, questo condensatore permette alla controreazione interna, generata dalle resistenze collegate fra l'entrata E— e l'uscita U (3) ed osservabili nello schema di figura 5, di stabilire il guadagno a 40 dB, almeno fino a quando il prodotto banda x guadagno è sufficientemente accettabile, mentre in presenza delle alte frequenze il guadagno decresce fino a rendersi unitario verso i 3 MHz, ma ciò in occasione di piccoli segnali, ossia quando l'uscita si deve muovere per pochi millivolt. Dato che, per ampi segnali, entrano in gioco altre limitazioni, che restringono la banda utile poco oltre la frequenza audio. E poiché il primo stadio di IC1 lavora su segnali piccoli, è possibile sfruttare tutta l'amplificazione concessa dai transistor interni all'integrato, anche in presenza di segnali ad onda media.
Il condensatore C5 isola la componente continua ed applica il segnale a radiofrequenza amplificato al diodo rilevatore al germanio DG.

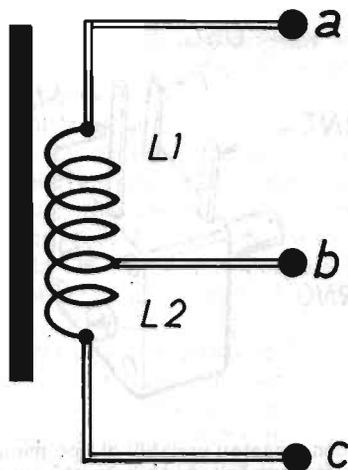



Fig. 6 - Le bobine L1 - L2, che compongono assieme al condensatore C2 il circuito accordato e che risultano avvolte a trasformatore, possono essere sostituite con questo tipo di avvolgimento ad autotrasformatore.

AMPLIFICAZIONE BF

La resistenza R2, collegata tra l'anodo di DG e la linea di terra, polarizza il semiconduttore, il cui carico è rappresentato dal trimmer R3, che dosa pure il livello del segnale di bassa frequenza prima di inviarlo allo stadio amplificatore BF e funge quindi da elemento di controllo manuale del volume dell'audio in altoparlante.
Il diodo al germanio raddrizza il segnale a radiofrequenza ed il condensatore C6 lo rettifica. Assieme, dunque, questi due componenti rivelano la modulante dell'onda media captata dall'antenna.
Il condensatore C7 applica il segnale rivelato alla sezione "b" dell'integrato IC1 che, come è

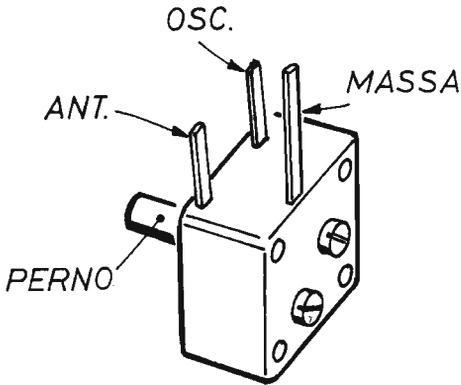



Fig. 7 - I condensatori variabili di tipo miniatura, più comuni e facilmente reperibili in commercio, sono quelli appositamente costruiti per i radioricevitori a circuito supereterodina, come il modello qui raffigurato, che può essere utilizzato nel progetto descritto in questa sede, purché i due terminali OSC. e ANT. vengano collegati assieme e quello di MASSA con la linea di terra.

stato detto in precedenza, opera su ampi segnali, ma nel caso specifico, su quelli a bassa frequenza. È questo il motivo per cui il condensatore elettrolitico C8 assume un valore capacitivo maggiore di C4, nel rispetto delle più basse frequenze in gioco.
Il valore capacitivo dell'elettrolitico C8 può essere diminuito qualora si voglia ridurre lo spettro delle frequenze audio verso il basso, per esempio nel caso in cui si debbano eliminare dei ronzìi.
Il gruppo R5 - C9 stabilizza l'amplificatore di bassa frequenza, ossia la sezione amplificatrice "b" di IC1, anche in presenza di carichi induttivi. E ciò, in tale occasione, è assolutamente necessario per la presenza in uscita dell'altoparlante AP.
Il condensatore elettrolitico C11 applica i segnali di bassa frequenza all'altoparlante ed isola la tensione continua, presente sul piedino 1 della sezione "b" dell'integrato, il cui valore ammonta a metà circa di quello di alimentazione (1/2 Vcc).

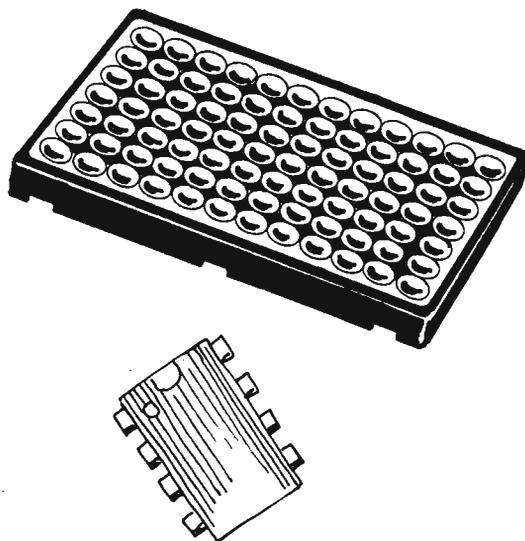
MONTAGGIO DELL'RX

Per ridurre il più possibile le dimensioni del radioricevitore testé descritto, ancora una volta si è data preferenza al sistema di montaggio, ordinato e razionale, tramite circuito stampato, che respinge ogni possibilità di formazione di falsi contatti o cortocircuiti fra componenti. Dunque, prima di iniziare le operazioni di composizione dell'apparecchio, il dilettante è chiamato ad eseguire, per mezzo di uno dei tanti metodi consentiti dalle varie tecniche attualmente disponibili, il circuito stampato, il cui disegno in grandezza reale è pubblicato in figura 3, servendosi di una piastrina di materiale isolante, di forma rettangolare, delle dimensioni di 13,3 cm x 4 cm, sulla quale si dovranno pure praticare i fori necessari per il passaggio dei terminali dei componenti elettronici. Poi, una volta approntata la basetta supporto, tenendo sott'occhio il piano costruttivo di figura 2 e la foto di apertura del presente articolo, si inseriscono su questa i vari elementi.
Soltanto a lavoro ultimato e dopo aver constatato l'efficienza del radioricevitore, il modulo elettronico di figura 2 potrà essere introdotto in un piccolo contenitore di plastica o di legno, comunque non di materiale metallico, che ostacolerebbe la captazione delle onde radio e, in misura particolare, il coinvolgimento della bobina-antenna di ferrite. Che rappresenta un componente di tipo commerciale e può essere prelevata da una vecchia radiolina fuori uso. Dovendola acquistare in commercio, al rivenditore verrà chiesta una ferrite cilindrica con avvolgimenti (primario e secondario) a trasformatore per onde medie. Anche se questa può essere sostituita, in caso di irreperibilità della prima, con altro elemento dello stesso tipo, ma ad autotrasformatore, come segnalato nello schema di figura 6, i cui terminali sono contrassegnati con le medesime lettere riportate nel disegno del piano costruttivo di figura 2, nel quale le bobine L1 -L2, avvolte su ferrite cilindrica, appaiono sollevate rispetto allo schema, con lo scopo esclusivo di evidenziare i tre collegamenti.
L'applicazione delle estremità della ferrite sulla piastrina supporto si ottiene tramite legacci di nylon, evitando nella maniera più assoluta l'impiego di fascette metalliche, anelli od altri elementi che comprometterebbero il buon funzionamento del radioricevitore.
Soltanto se le bobine sono dotate di piazzole di stagnatura, i conduttori terminali potranno considerarsi sufficienti a mantenere il fissaggio del componente sulla basetta supporto.
Il condensatore variabile C2, che assieme alle

bobine L1 - L2 compone il circuito accordato, può presentarsi sotto aspetti esteriori diversi, anche se il più comune è quello riportato in figura 7. In ogni caso , il valore capacitivo può variare fra i 160 pF e i 300 pF circa.
Il modello illustrato in figura 7 è adatto per radioricevitori di tipo supereterodina, ma bene si adegua al circuito oscillante di figura 1. Tale componente è caratterizzato dalla presenza di tre terminali, uno dei quali, situato in posizione centrale, va collegato a massa perché internamente rimane elettricamente collegato con le lamine mobili delle due sezioni capacitive e con il perno di comando. Le due sezioni assumono le denominazioni di oscillatore (OSC.) ed antenna (ANT.). Ognuna di queste è raggiungibile attraverso il corrispondente terminale, sul quale si effettua la saldatura a stagno. Ma nel nostro caso le due sezioni debbono essere unite assieme, allo scopo di comporre un unico condensatore con una sola sezione fissa ed una mobile. Ovviamente, questi particolari adattamenti non vengono eseguiti se si riesce ad acquistare un condensatore variabile ad una sola sezione, con un valore capacitivo di 300 pF circa.
L'integrato IC1 va innestato su apposito zoccoletto ad otto piedini, in precedenza fissato sulla basetta supporto.

Si raccomanda, ai lettori principianti, di inserire nel circuito i vari componenti polarizzati nel pieno rispetto delle loro polarità. Ciò vale per i condensatori elettrolitici e per il diodo al germanio DG. Le resistenze, invece, possono essere comunque inserite nel circuito e per queste, anche se suggerito il wattaggio di 1/4 W, che è il più commerciabile fra tutti, si possono montare elementi da 1/8 W, in considerazione dell'esiguo assorbimento di corrente derivato dall'alimentatore, che rimane compreso fra i valori di 40 mA e 80 mA, a seconda della regolazione del trimmer R3, ovvero della potenza audio con cui si fa funzionare l'altoparlante AP, la cui impedenza deve essere di soli 8 ohm.
I quattro valori delle potenze d'uscita, in corrispondenza degli altrettanti valori delle tensioni minime di alimentazione, sono deducibili dall'apposita TABELLA.

TABELLA VCC - P. out

VCC (minimi)	1,5 Vcc	2 Vcc	3 Vcc	4,5 Vcc
Pot. Usc.	50 mW	100 mW	125 mW	250 mW

CANTI DI UCCELLI

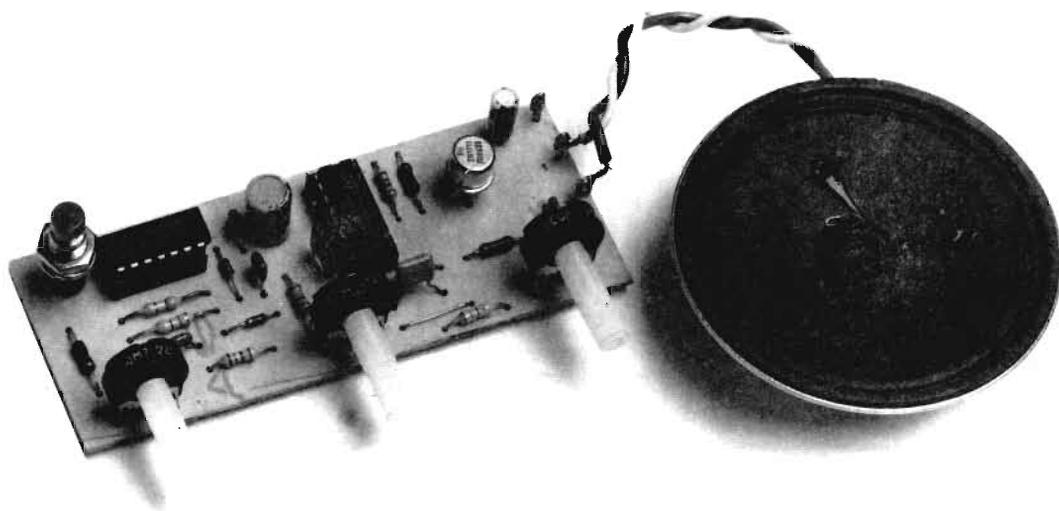
VERSI DI ANIMALI

RUMORI SPAZIALI

GENERATORE DI SUONI

La grande varietà di suoni, versi di animali, canti di uccelli, rumori di macchine, vaporiere ed altro ancora, riproducibili con questo semplice dispositivo elettronico, non finisce mai di stupire. Perché proprio quando si è convinti di aver ascoltato tutto quanto è possibile far uscire da un altoparlante, con il solo intervento manuale su tre piccoli potenziometri, può capitare di cogliere un nuovo segnale acustico, da assimilare alla presenza di sconosciuti esseri viventi, di rara specie, a richiami provenienti dagli spazi siderali, a voci strane, scoppiettìi e sbuffi. Come ad esempio quelli della vecchia, romantica locomotiva che, anni addietro, percorreva le strade ferrate e di cui oggi rimane soltanto un caro ricordo, che è rimasto nel cuore di tanti modellisti, di molti cineasti, di alcuni fabbricanti di giocattoli. I quali, pur adoperandosi con tutte le loro capacità nel riprodurre fedelmente i modelli di quei mezzi di trazione, non sempre riescono a realizzare la sonorizzazione inequivocabilmente inconfondibile che rende perfetta l'imitazione.

Basta operare sui perni di tre soli potenziometri, per riprodurre, attraverso qualsiasi altoparlante, un'intera gamma di suoni comuni e stravaganti, che non finiscono mai di stupire.

Naturalmente, in occasione di impiego del modulo elettronico qui presentato e descritto e, soprattutto, nel corso di ricerca di un particolare suono, il lettore deve parzialmente appellarsi

alla propria fantasia, nel senso che l'imitazione perfetta del canto di un grillo, del cinguettìo di un volatile esotico, di uno sparo spaziale o quant'altro ancora sia possibile derivare da questo dispositivo, deve fondarsi un po' sulle personali ed altrui convinzioni, con generosi giudizi e fondate persuasioni che, assai spesso, dopo alcune varianti al progetto originale, peraltro ampiamente suggerito durante l'analisi circuitale, vengono ampiamente premiate dai risultati raggiunti.
Una tale abbondanza di effetti sonori è stata ottenuta tramite un interessante circuito integrato, il modello 4046 B, che di proposito abbiamo evitato di descrivere in questa sede, per non prolungarci troppo su uno stesso argomento, ma rinviando il lettore alla lettura di un successivo articolo, pubblicato in questo stesso fascicolo ed interamente rivolto alla conoscenza e alle varie pratiche applicazioni del componente, del quale sono citati elementi caratteristici e destinazioni diverse. Ma lasciamo da parte ogni ulteriore considerazione su questo importante integrato e passiamo subito all'analisi del circuito generatore di suoni.

OSCILLATORE AD ONDA QUADRA

Il progetto di figura 1 è composto da tre sezioni principali: quella dell'oscillatore ad onda rettangolare, presieduta dall'integrato IC1, quella del VCO, identificabile nell'integrato IC2 e l'ultima di potenza, pilotata dal transistor TR1.
Il circuito oscillatore ad onda rettangolare è rappresentato dalle sole due porte NAND "a" e "b", mentre le altre due porte NAND "c" e "d" rimangono inutilizzate.
Quando si preme il pulsante P1, che rimane normalmente aperto, si alimenta con la tensione di 9 Vcc la sezione oscillatrice del progetto di figura 1, la quale genera una serie di impulsi

Per sollevare stupore e divertirsi.

Per agevolare il lavoro di modellisti e cineasti.

Per la ricerca di effetti sonori originali.

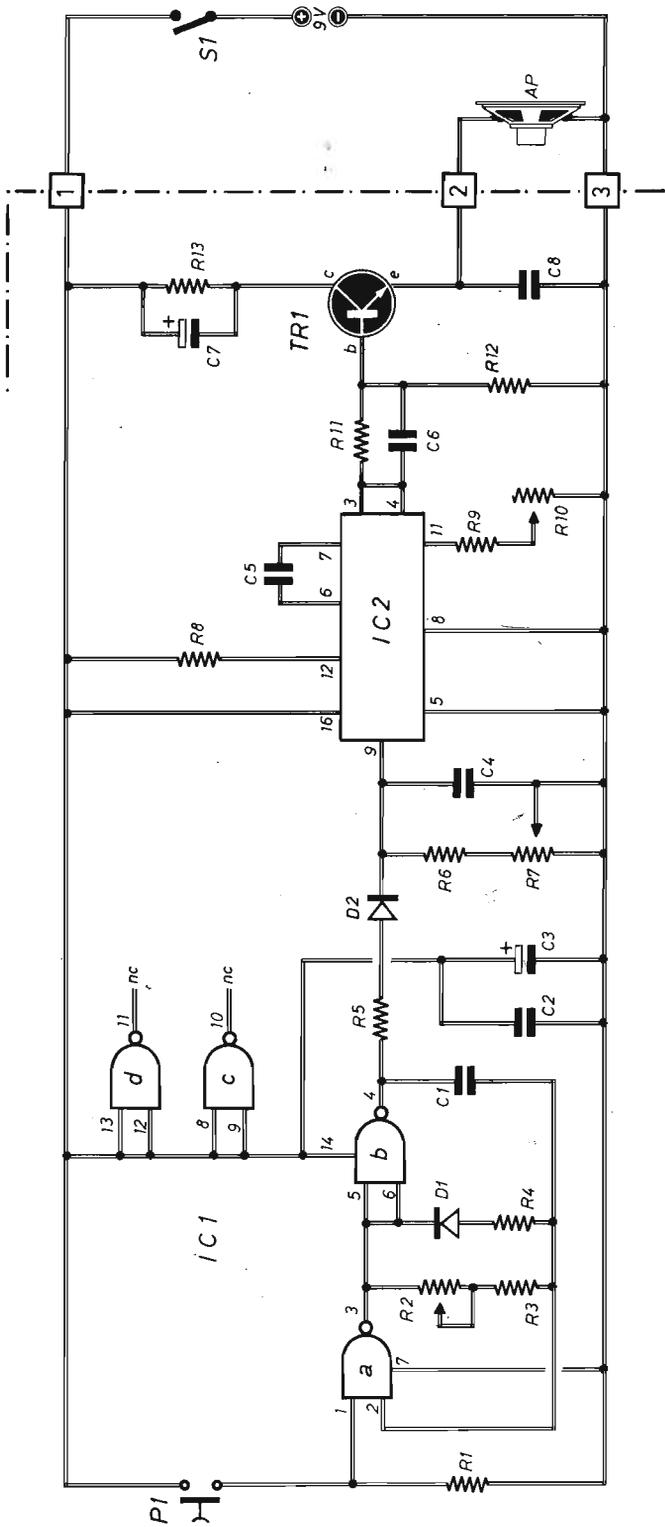



Fig. 1 - Progetto del generatore di suoni originali e curiosi, che si possono in grande quantità produrre regolando a piacere i tre trimmer R2 - R7 - R10. Il circuito funziona soltanto quando si preme il pulsante P1.

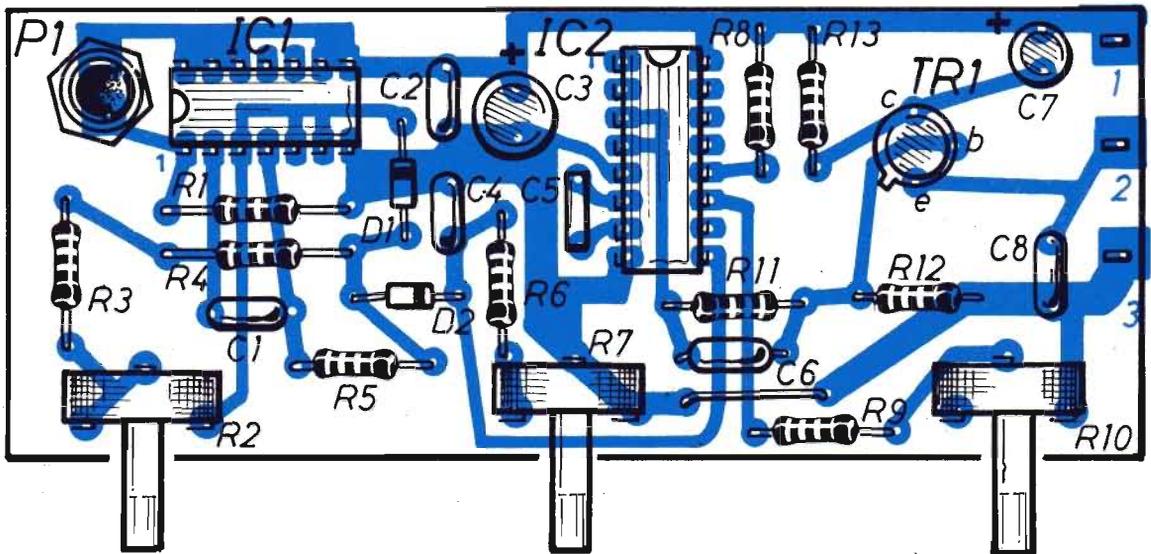



Fig. 2 - Piano costruttivo dell'audiogeneratore montato su basetta supporto con circuito stampato. I tre trimmer, per la regolazione e la composizione dei vari suoni emessi da un piccolo altoparlante, possono essere sostituiti con altrettanti potenziometri di tipo a variazione lineare.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 100.000 pF (ceramico)
C2 = 100.000 pF (ceramico)
C3 = 100 µF - 16 VI (elettrolitico)
C4 = 200.000 pF (ceramico)
C5 = 22.000 pF (ceramico)
C6 = 1 µF (ceramico)
C7 = 10 µF - 35 VI (elettrolitico)
C8 = 100.000 pF (ceramico)

Resistenze

R1 = 47.000 ohm - 1/4 W
R2 = 4,7 megaohm (trimmer)
R3 = 1 megaohm - 1/4 W
R4 = 47.000 ohm - 1/4 W
R5 = 6.800 ohm - 1/4 W
R6 = 100.000 ohm - 1/4 W
R7 = 2,2 megaohm (trimmer)
R8 = 10 megaohm - 1/4 W
R9 = 4.700 ohm - 1/4 W
R10 = 100.000 ohm (trimmer)
R11 = 33.000 ohm - 1/4 W
R12 = 12.000 ohm - 1/4 W
R13 = 10 ohm ÷ 1.000 ohm - 1/4 W (vedi testo)

Varie

IC1 = 4011 B
IC2 = 4046 B
TR1 = 2N1711
D1 = 1N914 (diodo silicio)
D2 = 1N914 (diodo silicio)
P1 = pulsante (norm. aperto)
S1 = interruttore
AP = altoparlante (8 ohm - 0,3 W)
ALIM. = 9 Vcc

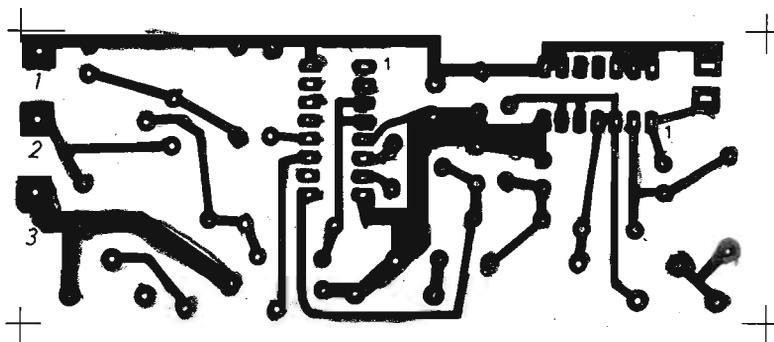



Fig. 3 - Disegno in grandezza reale del circuito stampato da riprodurre su una delle due facce di una basetta supporto, di materiale isolante, delle dimensioni di 10,5 cm x 4 cm.

come quelli riportati nel diagramma di figura 6. Gli impulsi possono essere più o meno frequenti a seconda della regolazione del trimmer R2.
La resistenza R4 ed il diodo al silicio D1 svolgono il compito di ridurre il "duty cycle", ovvero il rapporto vuoto-pieno nella giusta misura, definendo la larghezza "l" degli impulsi chiaramente segnalata in figura 6.
Gli impulsi, generati dai primi due NAND di IC1, caricano, attraverso il diodo al silicio D2, il condensatore C4, nel quale si forma una tensione continua che fa oscillare l'integrato IC2 di frequenze diverse. Ma ritorniamo ancor più dettagliatamente sulla sezione oscillatrice del progetto di figura 1, per analizzare meglio il comportamento dell'integrato IC1.
Quando il pulsante P1 rimane premuto, la porta NAND "a", essendo la resistenza R1 collegata a massa e salendo la tensione da bassa ad alta, può venire abilitata a funzionare da inverter, mentre la "b" funziona decisamente come inverter. Infatti, le porte NAND di IC1, che ne contiene quattro, hanno l'uscita bassa se e soltanto quando entrambi gli ingressi sono alti. Ne risulta che un ingresso basso blocca l'uscita alta, mentre un ingresso alto obbliga l'uscita a seguire l'inverso del segnale applicato all'altro ingresso.
Quando il pulsante P1 è premuto e chiude il circuito di alimentazione, le due resistenze R2 ed R3 introducono una controreazione in corrente continua che impone ad IC1a il funzionamento in zona lineare, almeno in un primo istante. Perché il condensatore C1, con la sua presenza, stabilisce una reazione positiva e le due reazioni inverse riportano il segnale in fase costringendo il circuito ad oscillare.
Il condensatore C1 si carica con l'energia proveniente dall'uscita di IC1a, precisamente dal piedino 3 dell'integrato e attraverso il trimmer R2 e la resistenza R3, mentre si scarica su queste due stesse resistenze e quella connessa in parallelo R4, a causa della presenza del diodo al silicio D1. In questo modo, quindi, si raggiunge la possibilità di rendere asimmetrico il ciclo di oscillazione. Anzi, modificando il rapporto tra i due rami resistivi, è possibile variare il grado di asimmetria.
Per mutare la gamma di frequenza delle oscillazioni generate da IC1, basta cambiare il valore capacitivo assegnato al condensatore C1, servendosi sempre di modelli plastici o ceramici e tenendo conto che, con i valori più elevati, la frequenza diminuisce.
La resistenza R5 applica il segnale al diodo al silicio D2, il quale carica positivamente il condensatore C4 ad ogni impulso positivo dell'onda rettangolare. Ne deriva che il condensatore C4 viene bruscamente caricato dalla resistenza R5, ma lentamente scaricato attraverso la resistenza R6 ed il trimmer R7. Giocando su questi valori, pertanto è possibile ottenere varie forme d'onda, da quella quasi continua con R6 di valore superiore ad R5, all'onda a dente di sega,

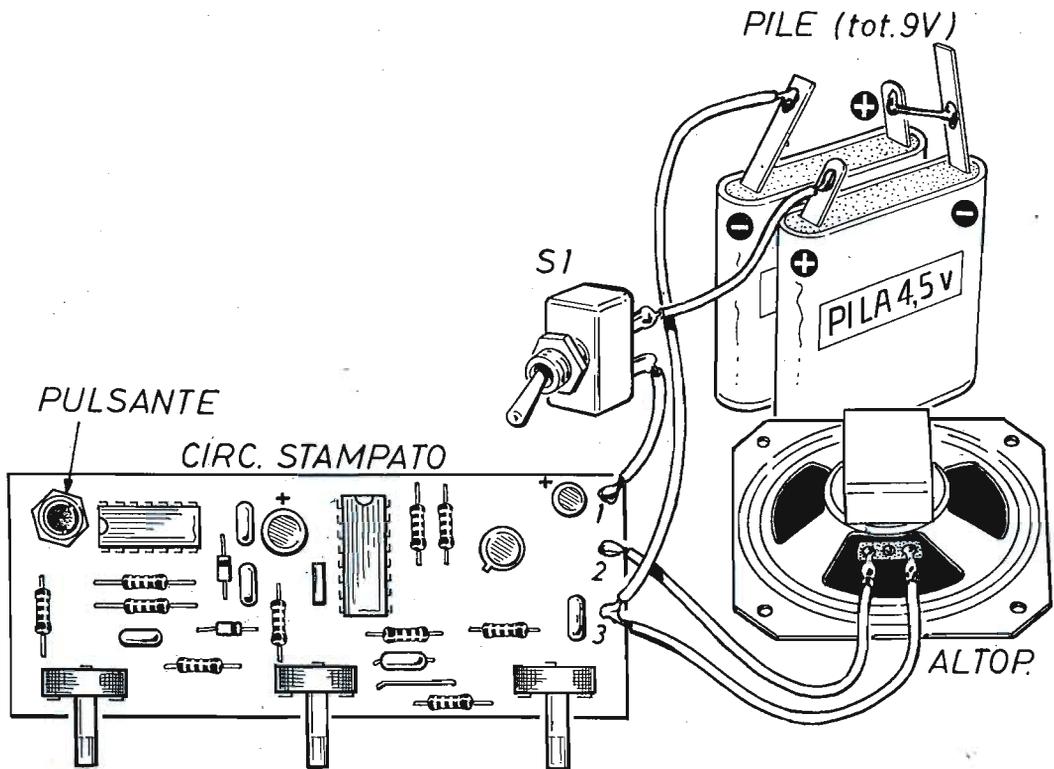



Fig. 4 - Esposizione del montaggio completo del dispositivo descritto nel testo ed alimentato con la tensione di 9 Vcc, derivata dal collegamento in serie di due pile piatte da 4,5 V ciascuna.

con R6 + R7 di valore simile ad R5, per giungere ai brevi impulsi, con l'eliminazione del condensatore C4. Anche se è possibile eliminare il diodo al silicio D2 e modificare il valore del condensatore C4.

Il VCO di IC2

La tensione, formatasi nel condensatore C4, pilota la sezione VCO (Voltage - Controlled - Oscillator), contenuta nell'integrato IC2 e segnalata nello schema teorico a blocchi del componente di figura 5, attraverso il piedino 9. Pertanto, sul piedino d'uscita 4 di IC2, la frequenza del segnale varia con la tensione di C4.
Il trimmer R7 accelera o decelera la scarica di C4, provocando, attraverso le sue regolazioni manuali, le conseguenti variazioni di gamma delle oscillazioni generate da IC2.
Per ottenere effetti speciali, si può entrare, con un segnale audio solamente positivo, possibilmente applicato all'anodo del diodo D2, sul piedino 9 di IC2, oppure sostituire le resistenze R5 - R6 con fotoresistenze illuminate da luci variabili.
La gamma delle frequenze ottenibili viene controllata da R9 + R10 e dal condensatore C5. Dunque, per variare la gamma delle frequenze, si debbono mutare i valori di questi componenti. Ma nell'impiego del generatore di suoni di figura 1 è sufficiente intervenire manualmente sul trimmer R10, con il quale si possono raggiungere effetti particolari, soprattutto in com-

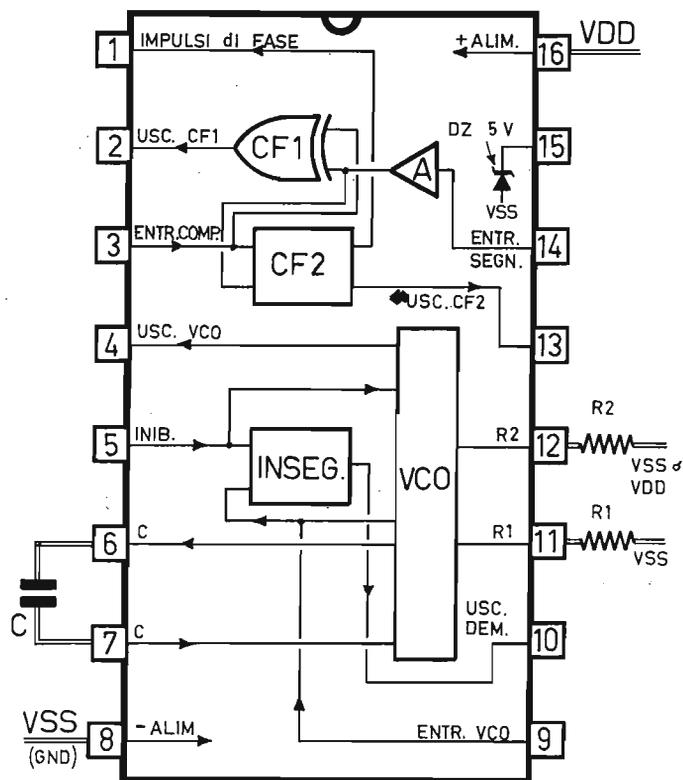
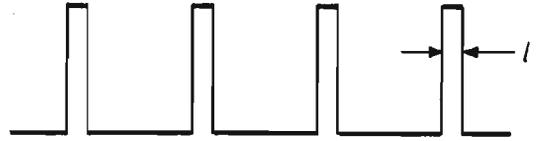



Fig. 5 - Schema a blocchi del circuito interno all'integrato 4046 B montato per IC2 nel progetto di figura 1 ed ampiamente descritto in altro articolo pubblicato, più avanti, in questo stesso fascicolo.

binazione con le regolazioni degli altri trimmer. Tuttavia, queste regolazioni, qualora i risultati non fossero ritenuti soddisfacenti, si possono completare sostituendo il valore attribuito al condensatore C5 con quelli compresi fra 10.000 pF e 100.000 pF.

LO STADIO DI POTENZA

La resistenza R11 applica il segnale uscente da IC2 alla base di un transistor con uscita di emittore, montato nella configurazione a collettore comune. Il transistor TR1, quindi, rappresenta lo stadio di potenza del progetto di figura 1, quello che provvede ad aumentare la corrente al carico, in modo da consentire il funzionamento dell'altoparlante AP, con impedenza di 8 ohm e potenza di 0,3 W.
La resistenza R13, montata in serie con il circuito di collettore di TR1, agisce soltanto sulla corrente unidirezionale, dato che il condensatore elettrolitico C7 provvede a cortocircuitare il segnale. In sostanza, la resistenza R13, assieme alle altre due R11 ed R12, stabilisce la massima corrente erogabile dal transistor TR1.
Le due resistenze R11 ed R12 formano un partitore di tensione, che applica soltanto una frazione di segnale alla base di TR1. Ne consegue che, per aumentare il segnale, occorre diminuire R11 ed elevare R12.
In presenza di alte frequenze, più precisamente durante i fronti del segnale, agisce il condensatore C6, che applica questi segnali direttamente alla base del transistor TR1, esaltando quindi i segnali a frequenza più elevata. Ciò significa che, ai valori più alti assegnati al condensatore C6, corrisponde una più energica azione e viceversa.
Al condensatore C8 è affidato il compito di am-

Fig. 6 - Diagrammi interpretativi della forma e del comportamento degli impulsi generati dalla sezione oscillatrice del generatore di suoni.

morbidire il suono emesso dall'altoparlante AP e quello di smorzare le sovratensioni formatesi sul carico induttivo.
In sede applicativa, dopo quanto è stato detto sulla funzione della resistenza R13, il lettore è invitato a scegliere, tramite il valore assegnato a questo componente, il punto di lavoro del transistor TR1 che, con una prima regolazione, si raggiunge manovrando il perno di comando del trimmer R10. Ma nell'elenco componenti, per la resistenza R13 o, meglio, per il valore resistivo di questa, viene lasciata libera scelta in un'ampia gamma di grandezze, tenendo conto che, al di là degli effetti sonori ottenuti, questa resistenza stabilisce l'entità della potenza d'uscita del dispositivo ed il consumo di energia derivato dalla pila di alimentazione.
In pratica, ci si deve ricordare che, ai valori resistivi più bassi di R13, corrispondono un maggiore livello audio ed un più elevato consumo della pila. Per esempio, con R13 di 10 ohm, l'assorbimento di corrente ammonta a 50 mA, mentre con R13 di 1.000 ohm scende a soli 10 mA.
Se si decide di attribuire alla resistenza R13 un valore basso, occorre provvedere al raffreddamento del semiconduttore, allo scopo di evitare le conseguenze dell'aumento della corrente di collettore di TR1, inserendo sul corpo del componente un adatto radiatore, che diventa assolutamente necessario quando si prevede di far funzionare per tempi lunghi il generatore di suoni.

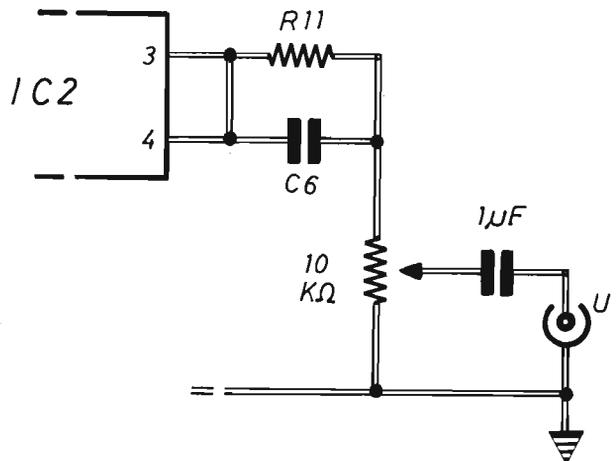



Fig. 7 - Variante circuitale, da apportare nella zona d'uscita dell'integrato IC2, necessaria per l'accoppiamento del generatore di suoni con un amplificatore di bassa frequenza e di potenza, in sostituzione del piccolo altoparlante previsto originariamente.

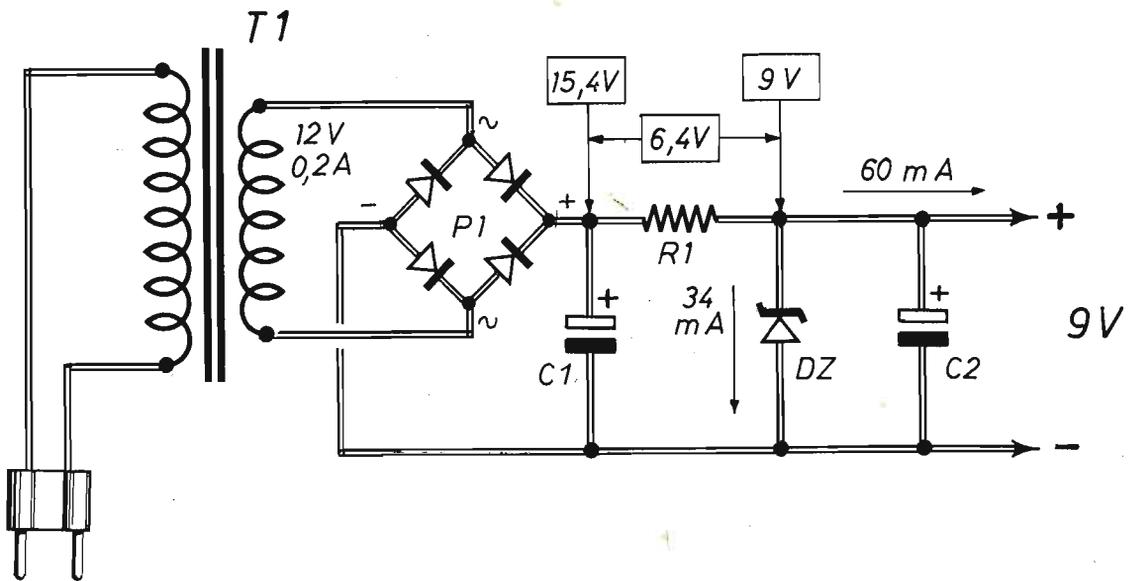



Fig. 8 - Progetto di semplice alimentatore da rete, adatto a sostituire le pile nel generatore di suoni e in grado di erogare la necessaria tensione di 9 Vcc.

COMPONENTI

C1	**= 1.000 µF - 35 VI (elettrolitico)**	**DZ**	**= diodo zener (9 V - 3 W)**
C2	**= 1.000 µF - 16 VI (elettrolitico)**	**P1**	**= ponte raddrizz.(80 V - 1 A)**
R1	**= 86 ohm - 1 W**	**T1**	**= trasf. (220 Vca - 12 Vca - 0,2 A - 3 W)**

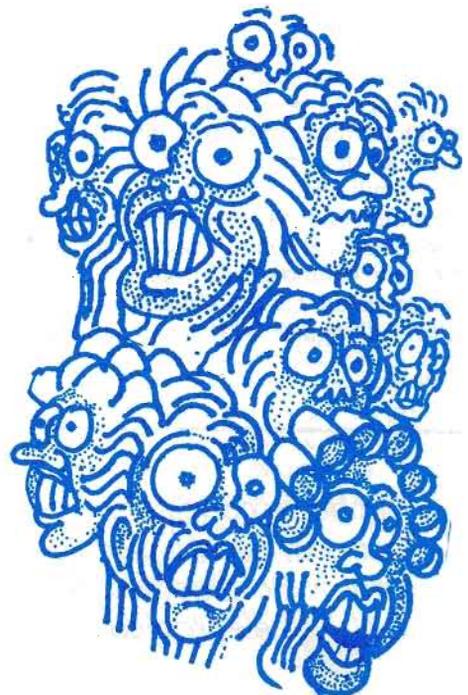
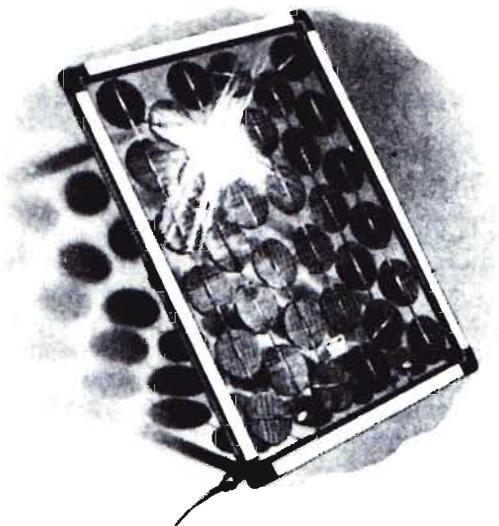
VARIANTE CIRCUITALE

La variante circuitale, suggerita con lo schema elettrico riportato in figura 7, propone la sostituzione dello stadio audioriproduttore di potenza, ora descritto, con un vero e proprio amplificatore di bassa frequenza e di potenza adeguata. Il quale deve rimanere caratterizzato da un ingresso ad alta impedenza, di 100.000 ohm almeno, e collegato tramite cavi schermati di breve lunghezza.
La variante consiste nell'eliminazione di tutta la parte circuitale a valle della resistenza R11 e del condensatore C6, i quali vengono conservati con i loro valori prescritti nell'elenco componenti. Il trimmer, invece, che può essere sostituito con un potenziometro di tipo a variazione lineare, deve assumere, in questo caso, il valore di 10.000 ohm. Da questo poi, si prelevano i segnali per mezzo di un condensatore non polarizzato da 1 µF, che a sua volta li applica ad un bocchettone d'uscita. Su quest'ultimo, quindi, si innesta un corrispondente spinotto, applicato ad un cavo schermato possibilmente corto, da collegare, all'estremità opposta, con l'entrata dell'amplificatore di potenza.
Per elevare il livello audio, prima ancora di introdurre la variante circuitale testé descritta, conviene provare un'altra soluzione, consistente nell'abbassamento del valore resistivo di R13 e nella sostituzione dell'alimentatore a pile con altro da rete, come quello il cui progetto appare pubblicato in figura 8.

MONTAGGIO DEL GENERATORE AUDIO

Il montaggio del generatore di suoni si esegue nel modo indicato in figura 2, che rappresenta il piano costruttivo del dispositivo elettronico, ma tenendo pure sott'occhio la foto di apertura del presente articolo. Ad ogni modo, prima di iniziare le operazioni costruttive, conviene preparare tutti i componenti necessari al completamento del progetto, approntando, per primo, il supporto con circuito stampato, rappresentato da una basetta di materiale isolante, quali la bachelite o la vetronite, di forma rettangolare e delle dimensioni di 10,5 cm x 4 cm.
Su una delle due facce della basetta supporto si compone, attraverso uno dei metodi più abituali per il montatore, il circuito stampato, il cui disegno in grandezza naturale è riportato in figura 3. Successivamente si provvede a forare nei vari punti la basetta, onde permettere il passaggio dei reofori dei componenti, che vanno applicati sulla faccia opposta a quella in cui sono presenti le piste di rame del circuito. Ciò significa pure che il circuito stampato, riprodotto in colore nello schema pratico di figura 2, deve intendersi visto in trasparenza.
Si tenga ben presente che i due circuiti integrati IC1 ed IC2 non debbono essere applicati direttamente sulla basetta supporto, bensì attraverso appositi zoccoletti, i cui piedini vanno saldati a stagno sulle corrispondenti piazzole di rame, senza innestare in questi, in un primo tempo, i due integrati, per evitare di danneggiarli in qualche modo durante le operazioni di saldatura.
Si osservi pure che, in prossimità della resistenza R9, quasi parallelamente a questa, occorre applicare un ponticello, costituito da uno spezzone di filo conduttore, che assicura la continuità circuitale dello stampato, semplificandone contemporaneamente la composizione.
A lavoro ultimato, ovvero al momento del collaudo del generatore audio, non resta che manovrare i tre trimmer R2 - R7 - R10, dopo averli posizionati tutti a metà corsa. Ricordiamo inoltre che questi tre componenti possono essere sostituiti con altrettanti potenziometri tutti di tipo a variazione lineare.

ALIMENTAZIONE

Dato che il progetto del generatore di suoni funziona soltanto quando si tiene premuto il pulsante P1, si può affermare che l'alimentazione a pile del dispositivo è da preferirsi ad ogni altra, anche perché attribuisce all'apparato il carattere della portatilità, che lo fa funzionare in ogni dove, senza sollevare problemi di ricerca di prese luce. Dunque, la tensione a 9 V, derivata da due pile piatte da 4,5 V ciascuna e collegate in serie tra loro, come segnalato nello schema costruttivo completo di figura 4, è da prediligere. Ma si tenga tuttavia in considerazione che il circuito dell'audiogeneratore può funzionare con tutti i valori di tensione continua compresi fra 6 Vcc e 12 Vcc, pur valutando migliore fra tutti quello di 9 Vcc.
Coloro che volessero evitare l'impiego delle pile, per destinare il dispositivo a funzionamenti assai prolungati nel tempo, potranno anzitutto eliminare il pulsante P1, per affidare la chiusura del circuito di alimentazione al solo interruttore S1 e poi sostituire le pile con un alimentatore da rete, che potrà essere realizzato secondo il progetto di figura 8, nel quale sono anche riportate alcune indicazioni relative alle tensioni e correnti.

Per la conversione energetica da luce ad elettricità.

Per ricaricare i piccoli accumulatori da 1,2 V.

Per sperimentare e controllare tensioni e correnti.

GENERATORE FOTOVOLTAICO

Il piccolo box, di forma parallelepipeda, qui presentato e descritto e che sta nel palmo di una mano, è stato appositamente concepito e commercializzato per ricaricare, in tempi più o meno lunghi, fino a quattro accumulatori al nichel-cadmio, del tipo di quelli con tensione di 1,2 V e simili, esteriormente, alle comuni pile stilo, tramite l'energia solare. Ovvero, con la luce proveniente dal sole o quella irradiata da altra sorgente luminosa artificiale. Noi, tuttavia, pur conservando ed apprezzando la funzione primaria dell'originale scatolina, l'abbiamo considerata una fonte di molte, interessanti applicazioni pratiche, completamente ispirate a metodi ecologici e che abbiamo voluto, qui di seguito, proporre ai nostri lettori. Ma intanto ricordiamo che, al dispositivo, è stata assegnata la sigla di riconoscimento ELB, che unisce le tre lettere iniziali delle parole Electric Light Box, dal significato di "scatola elettrica a conversione di luce". Dato che, come si può notare nella foto di apertura del presente articolo e in alcuni dei successivi disegni, questa è munita di un coperchio di chiusura dotato di sei cellule fotovol-

Anche se concepito e commercializzato per operazioni di ricarica, questo piccolo box può essere utilizzato come strumento didattico per l'analisi di un interessante settore dell'optoelettronica.

taiche, collegate in serie fra loro, che debbono rimanere esposte ai raggi di luce, allo scopo di generare tensione elettrica. Che può essere principalmente utilizzata per la ricarica di piccoli accumulatori e, secondariamente, per alimentare un ricevitore radio miniaturizzato, svariati circuiti elettronici e, in modo particolare, per realizzare alcuni esperimenti di contenuto didattico, mirati ad ampliare le conoscenze dei principianti di elettronica.

PRINCIPI DI OPTOELETTRONICA

Come molti avranno già intuito, in questa sede si tocca un settore dell'optoelettronica, cioé dell'ottica elettronica, nella quale si studiano quegli effetti che stanno alla base di tante applicazioni tecniche e che alcuni già conoscono per aver operato con fotoresistenze, fotodiodi, diodi led, fibre ottiche ed altro ancora. In particolare, da questo punto in poi, ogni argomento introdotto va considerato una conseguenza dell'effetto fotovoltaico, che presiede al processo di trasformazione della luce in energia elettrica.
L'effetto ora citato sfrutta il comportamento della giunzione di due semiconduttori, uno di tipo P, l'altro di tipo N, la quale, nel venire colpita dalla luce, dà origine ad una differenza di potenziale che è proporzionale al numero di fotoni che raggiungono la zona in cui le due superfici di semiconduttore si congiungono e che viene chiamata "depletion region".
Praticamente, tutti i diodi ed i transistor bipolari, quando sono investiti dalla luce, possono generare la tensione fotovoltaica, a meno che non

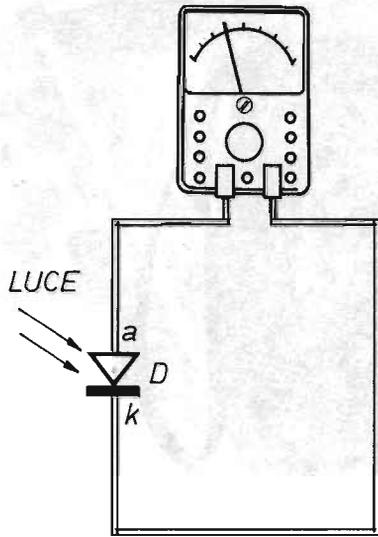



Fig. 1 - Qualsiasi diodo, purché realizzato in contenitore trasparente, quando viene colpito dalla luce promuove l'effetto fotovoltaico, che avvia una debolissima corrente, misurabile sul microamperometro.

vengano inseriti in custodie opache, in grado di isolarli da fonti luminose, come del resto avviene nella maggior parte di questi prodotti.
Abbiamo già detto che il coperchio dell'ELB contiene sei cellule fotovoltaiche. Ebbene, dopo aver ricordato l'effetto che si manifesta sulla giunzione di due semiconduttori, si può asserire che, assimilando ciascuna delle sei cellule con-

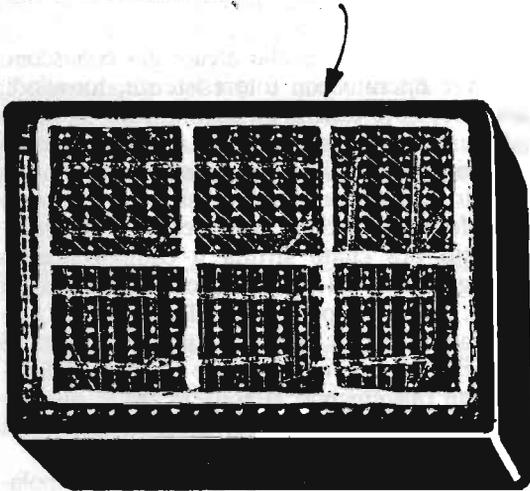



Fig. 2 - Il coperchio di chiusura del box, presentato e descritto in queste pagine, contiene sei cellule fotovoltaiche collegate in serie tra loro.

tenute nel coperchio del box ELB ad un diodo al silicio, particolarmente grosso e racchiuso in una custodia di materiale trasparente, in presenza di luce incidente la piccola scatola diventa un generatore di tensione. E questa tensione si identifica con la somma delle differenze di potenziale createsi tra anodo e catodo di ciascun diodo. Dunque, essendo i diodi in numero di sei e tutti collegati in serie fra loro, il valore complessivo della tensione generata è di:

$$0{,}5\ V \times 6 = 3\ V$$

erogando ogni cellula fotovoltaica la tensione di 0,5 V, quando rimane investita da luce piena. Che può essere quella del sole o l'altra proveniente da una lampada a filamento da 75 W, sistemata ad una distanza di 20 ÷ 30 cm dal coperchio del box.

Ovviamente, il valore di 3 V, sopra calcolato, si intende valido quando nessun carico viene applicato al generatore. Questa tensione poi è in grado di promuovere una corrente complessiva di 150 mA, da considerare come corrente di cortocircuito.

Riassumendo, poiché ogni cellula fotovoltaica, più nota come cellula solare, può essere assimilata ad un diodo al silicio, come indicato in figura 1, in virtù del collegamento in serie dei sei elementi, il pannello riportato in figura 2 è un generatore di tensione, in piena luce, di 3 V massimi.

Fig. 3 - Il rendimento delle cellule fotovoltaiche aumenta coll'aumentare della quantità di luce cui rimangono esposte. Conseguentemente aumenta la potenza elettrica disponibile.

CONDUTTIVITÀ DELLE CELLULE

Se si collega un solo accumulatore da 1,2 V con una singola cellula fotovoltaica colpita dalla luce e quindi in funzione di generatore di tensione di 0,5 V, si avvia una corrente che, repentinamente, scarica l'accumulatore. Perché l'energia a massima tensione, contenuta da questo, si riversa nel circuito chiuso attraverso la cellula solare.

Sorge quindi spontanea la domanda se, inserendo nel box uno, due, tre o quattro accumulatori, da sottoporre al processo di ricarica, non si corra il rischio, in assenza di luce incidente sul pannello solare, di cortocircuitare i piccoli generatori di tensione attraverso gli elementi fotovoltaici, ottenendo un effetto contrario a quello che si vuol raggiungere. Ebbene, la risposta a tale domanda è assolutamente negativa per i seguenti motivi.

Poiché la "tensione di soglia" di ciascun diodo e, quindi, di ogni cellula fotovoltaica, può essere valutata nella misura di 0,6 V, essendo le cellule in numero di sei, affinché queste possano entrare in conduzione, occorre applicare dall'esterno una tensione superiore a:

$$0{,}6\ V \times 6 = 3{,}6\ V$$

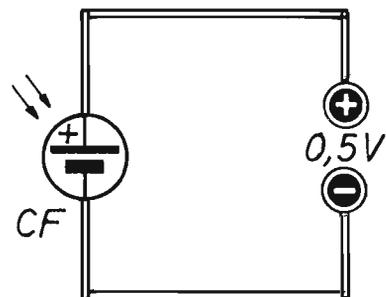



Fig. 4 - Ogni cellula fotovoltaica, quando rimane colpita da luce intensa, genera una tensione continua di 0,5 V.

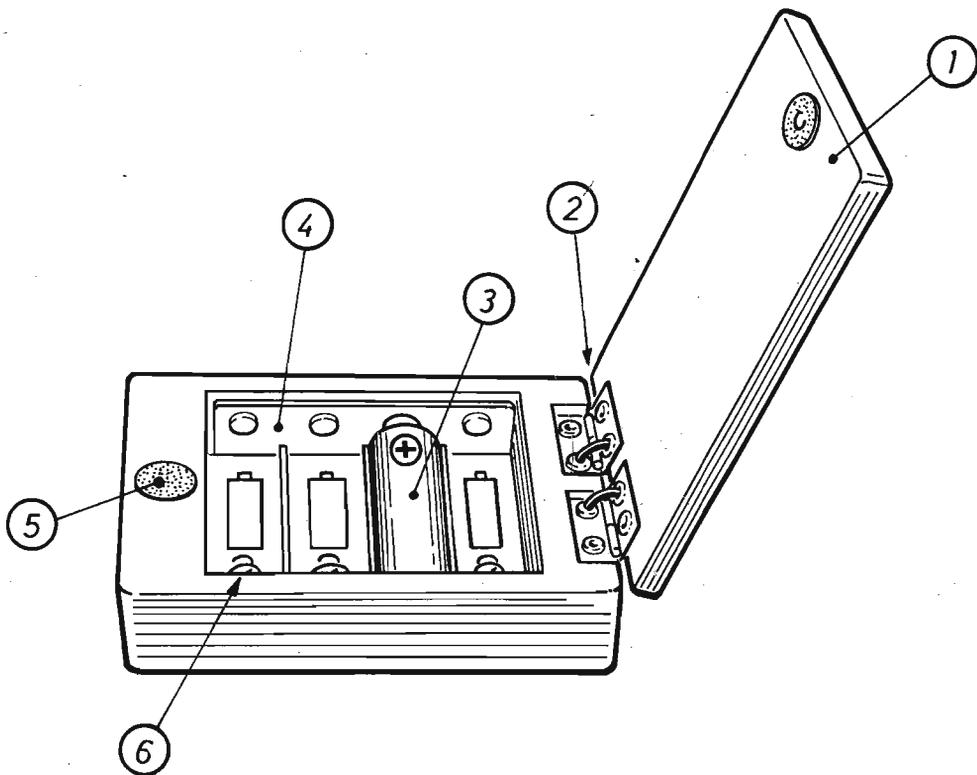



Fig. 5 - Le parti che compongono il dispositivo di ricarica degli accumulatori da 1,2 V sono: coperchio di chiusura del contenitore (1), cerniere di sostegno del coperchio, attraverso le quali passano i conduttori elettrici (2), accumulatore da 1,2 V inserito regolarmente (3), polarità positiva (4), magnete di ritenzione del coperchio (5), molle della polarità negativa (6).

Ovviamente, in questo semplice calcolo, non interviene la tensione autogenerata dalle cellule, che si suppongono immerse nel buio totale.
In realtà, una piccola conduzione di corrente inizia già a metà del valore della tensione ora valutata, soprattutto se le cellule si trovano in ambienti a temperature molto basse. Ma in ogni caso si tratta di correnti insignificanti agli effetti pratici.
Dunque, le cellule fotovoltaiche possono essere impunemente collegate agli accumulatori da 1,2 V, quando questi vengono inseriti in parallelo e le cellule sono parallelate in numero di sei, anche quando manca la luce e la cellula non eroga più tensione, comportandosi semplicemente come un diodo a semiconduttore in diretta.
Infatti, se il pannello del box fosse stato dotato di una sola cellula solare, anziché di sei elementi, la tensione di 1,2 V, generata dall'accumulatore, avrebbe inviato in conduzione il diodo, cioé la cellula, con possibili conseguenti danneggiamenti ad entrambi i generatori. Con il sistema adottato, invece, quando manca la luce, gli accumulatori non si caricano, in presenza di luce si ricaricano perché le cellule solari, comportandosi come gemeratori di tensione di 3 V massimi, riversano la loro energia sui generatori di tensione inferiore, cioé sugli accumulatori.
È vero che, ad evitare certi danni, si sarebbe potuto inserire nel circuito un diodo di prote-

zione, ma un tale intervento avrebbe introdotto una perdita di tensione di 0,6 V nel processo di carica, con una perdita del 40% di preziosa energia, dato che occorrono almeno tre cellue solari, collegate in serie, per superare di poco la tensione di 1,2 V di un accumulatore.
Concludendo, la presenza di sei elementi fotovoltaici, collegati in serie, rende impossibile la scarica di un singolo accumulatore, anche senza illuminazione e alle basse temperature, con il vantaggio di riuscire a ricaricare gli accumulatori in condizioni di luminosità precarie.

RICARICA DI ACCUMULATORI

Coloro che fanno uso di accumulatori al nichelcadmio, che impropriamente i profani chiamano pile ricaricabili, debbono sempre ricordarsi di non aspettare mai che gli elementi generatori di tensione siano quasi del tutto scarichi, prima di sottoporli al processo di rinvigorimento tramite il dispositivo ELB. Perché gli accumulatori lasciati scarichi, anche per brevi periodi di tempo, possono subire danni irreparabili.
Gli accumulatori a forma di pile, tipo stilo, recano spesso indicata la massima corrente di carica o scarica, sopportabile per lunghi tempi senza riscaldarsi troppo. Questa, in genere, ammonta ad un decimo della capacità dell'accumulatore e, in certi modelli, supera tale valore.
Si ricordi, ad esempio, che la capacità di 150 mAh (milliamperora) designa la possibilità di erogazione di corrente di 150 mA nell'arco di tempo di un'ora.
Superando i limiti di esercizio prescritti per ciascun accumulatore, la vita di questo rimane pregiudicata. Inoltre, per evitare altri guasti immediati, conviene pure controllare la temperatura dei generatori. Quella esterna, s'intende, per-

Fig. 6 - Collegamento sperimentale in serie di due box (1 - 2) per la valutazione, della tensione e corrente risultanti, tramite opportuni strumenti. Con l'interruttore S1 chiuso, si misura la corrente di cortocircuito.

ché la temperatura interna, che sale molto rapidamente in presenza di correnti assai forti, non può essere valutata.
In presenza di accumulatori sconosciuti e dal comportamento critico, certamente non adatti alle cariche rapide, conviene inserire una resistenza di un centinaio di ohm tra generatore e cellula, per motivi di sicurezza, onde limitare l'intensità della corrente di ricarica.

CONVERSIONE ENERGETICA

Soltanto per chi volesse approfondire ulteriormente il meccanismo della conversione energetica, da luce ad elettricità, aggiungiamo, qui di seguito, alcune notizie relative alla fisica del fenomeno fotovoltaico ed al suo rendimento, in ordine pure agli sviluppi tecnologici industriali nel tempo in varie zone mondiali. Subito dopo

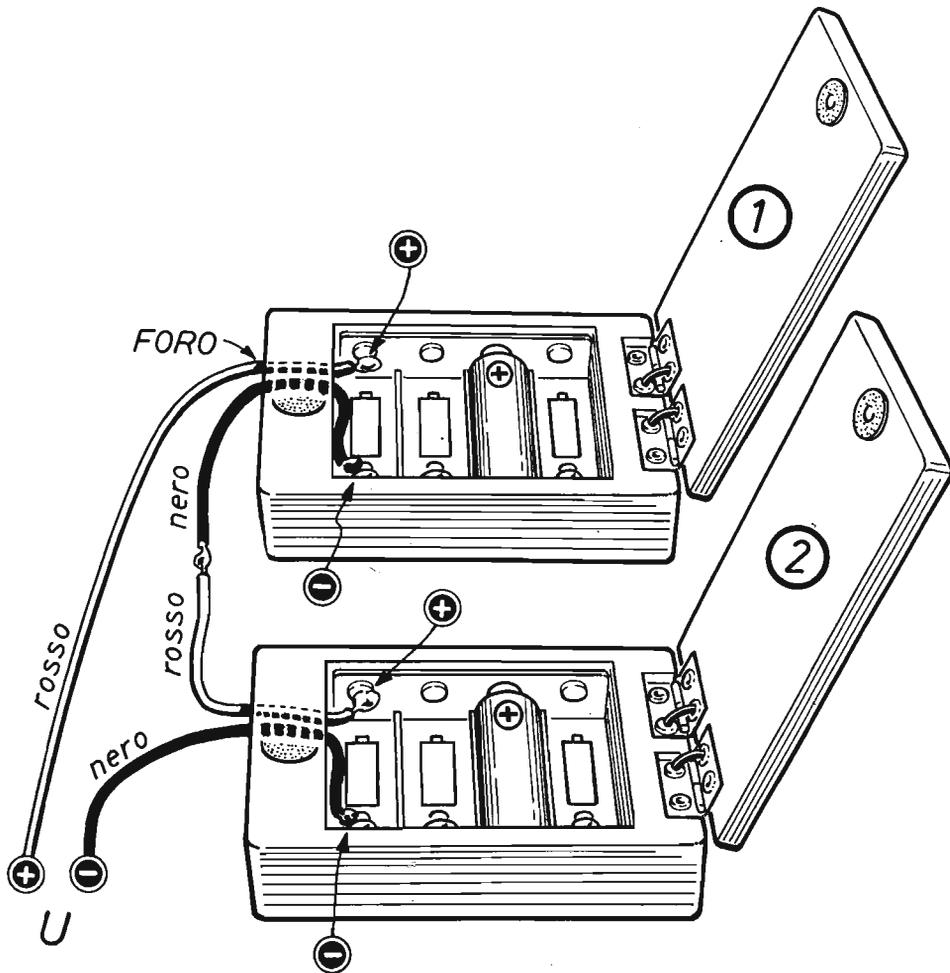



Fig. 7 - Con il sistema del collegamento in serie di due box, contenenti ciascuno un accumulatore in parallelo con le cellule fotovoltaiche, il valore della tensione in U ammonta a 2,6 Vcc.

passeremo alle pratiche applicazioni del box in precedenza annunciate.
Con riferimento alle più moderne teorie elettroniche, si vuole affermare che, quando un fotone colpisce la regione in cui è realizzata la giunzione fra due semiconduttori, questo ha buone probabilità di urtare contro un elettrone orbitante attorno al nucleo dell'atomo di cui è composto il materiale. Una moltitudine di fotoni, dunque, provoca, senza ombra di dubbio, un grande scompiglio fra gli elettrodi degli atomi, estraendoli dalle loro orbite e rendendoli quindi liberi. Analogamente a quanto avviene nel gioco del biliardo, nel quale una biglia, lanciata in mezzo ad un gruppo di tante altre, si arresta per mettere in movimento alcune di queste. Cedendo, ovviamente, la propria energia meccanica, così come il fotone, nel liberare l'elettrone,

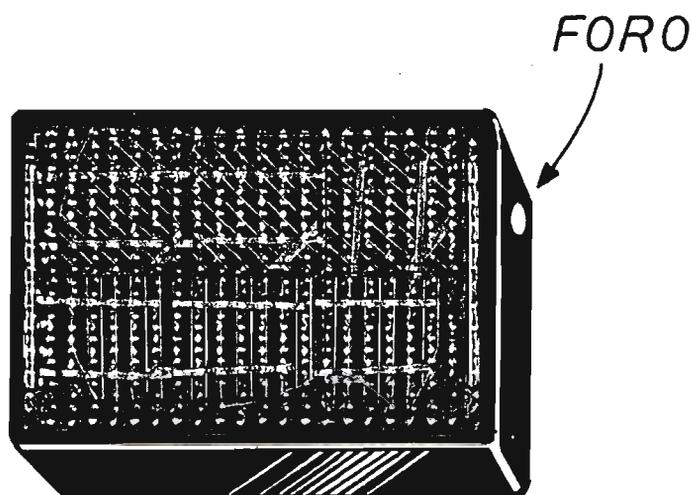



Fig. 8 - Allo scopo di realizzare gli esperimenti descritti nel testo, sul fianco di ogni box occorre praticare un forellino del diametro di 4 mm.

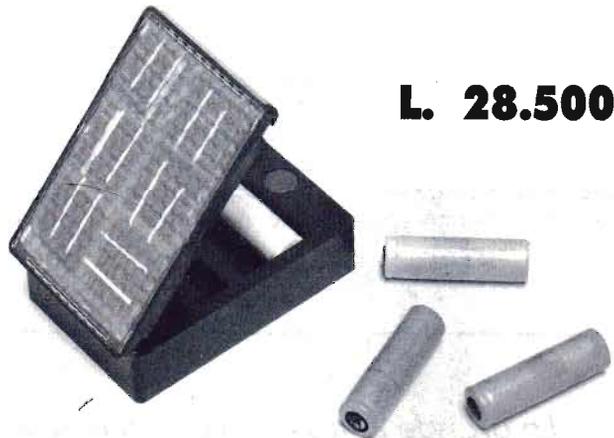
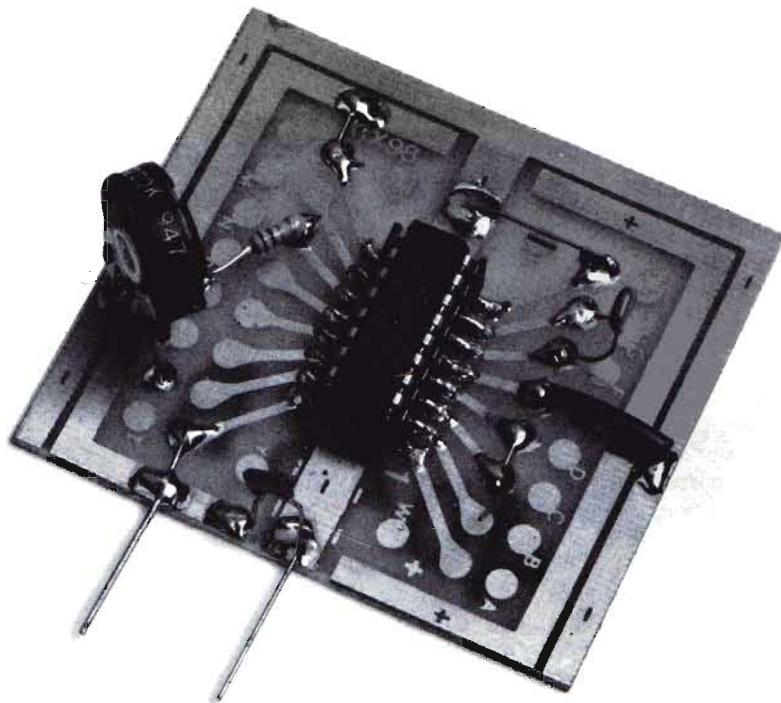
Fig. 9 - Con il sistema di collegamento di due box, proposto nell'esperimento suggerito in figura 7, è possibile far funzionare un piccolo ricevitore radio con tensione di alimentazione di 3 Vcc.

cede a questo il proprio contenuto energetico.
Gli elettroni, che sono cariche elettriche negative, contribuiscono ad un aumento del potenziale negativo della zona N della giunzione, creando contemporaneamente un eccesso di "vuoti", ovvero di cariche elettriche positive, che vanno ad aumentare il potenziale della zona P. Ora, se si applica una resistenza di valore estremamente basso, ovvero un carico elettrico, tra la zona N e la P, le cariche si mettono in movimento, dando luogo alla formazione di una corrente elettrica, il cui flusso cede evidentemente l'energia ricevuta dalla luce.
Il rendimento energetico del fenomeno analizzato dipende in gran parte dalla natura dei materiali impiegati ma, con quelli attualmente più diffusi, si può toccare anche il 20%. Tuttavia, le inevitabili limitazioni pratiche, di ordine tecnico ed economico, abbassano tale valore al 10%, sempre che l'illuminazione della giunzione avvenga in condizioni atmosferiche ottimali, ovvero in pieno sole e con i raggi incidenti perpendicolari. Perché con illuminazioni di intensità inferiore il rendimento diminuisce ulteriormente, come segnalato nel diagramma di figura 3.
Concludiamo affermando che l'effetto voltaico, visto sotto l'aspetto ecologico, è da considerarsi molto interessante. Sia perché il sole è una sorgente di energia inesauribile, che a detta degli scienziati dovrebbe rimanere integra per alcuni milioni di anni ancora, sia perché non inquina la vita naturale.

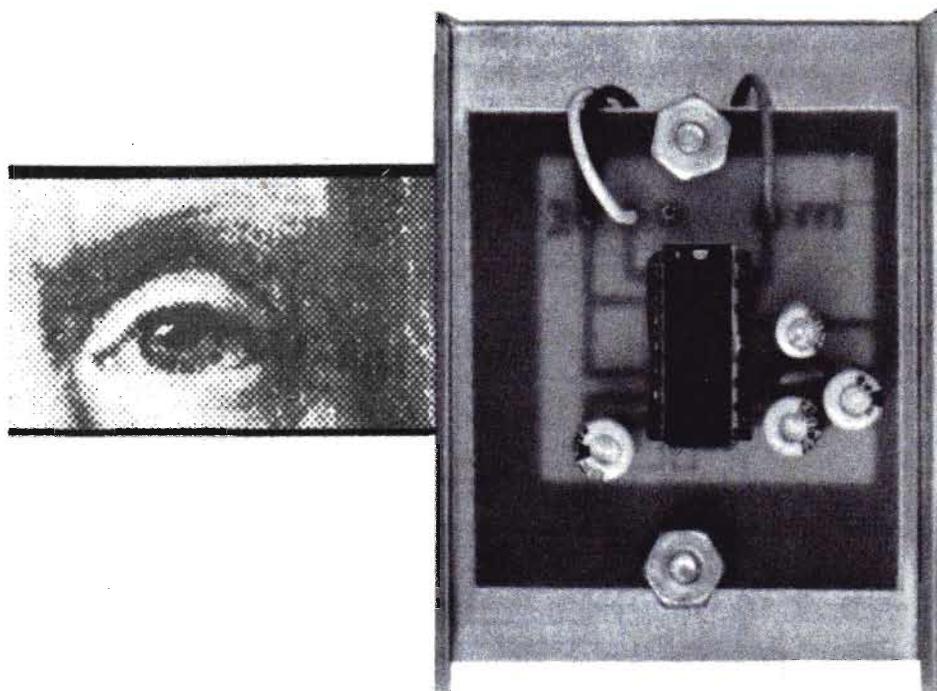
PROVE PRATICHE

È stato detto e ripetuto più volte che ciascuna delle sei cellule fotovoltaiche, che compongono il pannello di chiusura del box di tipo commerciale, rappresenta un generatore di tensione di 0,5 V, ovviamente quando questa è invertita dalla luce solare o di una lampadina a filamento, della potenza di 75 W almeno, sistemata a breve distanza. Ebbene, ciò significa che il box, non considerato come dispositivo di ricarica degli accumulatori da 1,2 V, può servire da generatore di tensione massima di 3 V, dato che, nel suo coperchio contiene sei generatori di tensione da 0,5 V, come quello teoricamente illustrato in figura 4, collegati in serie tra loro. Ma vediamo subito, nei dettagli, come è composto un box e facciamo riferimento alla figura 5, nella

quale sono riportati i numeri dall'1 al 6, che segnalano le parti principali del dispositivo, che si presenta sotto forma di contenitore delle dimensioni di 10 cm x 6,3 cm x 2,7 cm.
Le sei cellule fotovoltaiche sono montate sulla faccia esterna del coperchio di chiusura (1), il quale, quando è chiuso, resta fissato in virtù della presenza di un piccolo magnete (5). Il posizionamento del coperchio, verso la sorgente di luce, rimane agevolato dalle due cerniere (2), attraverso le quali passano i conduttori della tensione proveniente dalle cellule fotovoltaiche.
Gli accumulatori, da sottoporre al processo di ricarica, debbono essere inseriti nel contenitore nel modo segnalato (3). Dato che la tensione positiva è disponibile lungo la fascia metallica (4) e quella negativa sulle molle di fissaggio (3).
È giunto ora il momento di effettuare alcune prove pratiche di misure, allo scopo di verificare quanto fin qui asserito teoricamente. Ma a questo scopo il lettore deve fornirsi di un box, almeno e, se possibile, di due dispositivi uguali, il cui acquisto può essere effettuato esclusivamente presso la ditta fornitrice citata a fine articolo.
La prima prova consiste nell'aprire il coperchio del dispositivo, orientarlo verso la sorgente di luce e, senza introdurre nel contenitore alcun accumulatore, constatare, tramite il tester, commutato nella funzione voltmetrica per tensioni continue e sulla scala dei 5 Vcc, come la tensione generata possa raggiungere i valori di 2,3 Vcc ÷ 3 Vcc. Successivamente, collegando in serie ai terminali, positivo (4) e negativo (6), il tester, commutato nella funzione amperometrica in continua, si potrà misurare la corrente di cortocircuito, che deve aggirarsi intorno ai 150 mA.
La seconda prova sperimentale, qui consigliata, è illustrata in figura 6 e consiste nel collegare,

in serie tra loro, due box, allo scopo di raddoppiare il valore della tensione generata da un singolo dispositivo.
Il voltmetro V segnala questa volta la presenza di una tensione continua di 4,6 Vcc ÷ 6 Vcc, mentre il valore della corrente rimane sempre lo stesso, quello di 150 mA, rilevabile attraverso l'amperometro A, dopo aver cortocircuitato le cellule fotovoltaiche tramite l'interruttore S1.
Per aumentare la possibilità di un assorbimento di corrente maggiore, basta inserire un accumulatore in tampone, come segnalato in figura 7. Così facendo, sia pure per brevi istanti, è possibile assorbire una corrente fino ad 1 A, perché l'eccesso di corrente viene ceduto dall'accumulatore in parallelo. Ma la tensione, in questo caso, ammonta a soli 1,3 Vcc.
Collegando in serie tra loro due box, contenenti ciascuno un accumulatore in parallelo con le cellule fotovoltaiche, come suggerito nello schema di figura 7, la tensione complessiva, valutata all'uscita U, ammonta a 2,6 Vcc. Ma tensioni e correnti si possono differenziare, sia pure di poco, dai valori citati, a causa di piccole differenze costruttive dei vari elementi.
Con il circuito sperimentale, presentato in figura 7, si può alimentare una radiolina funzionante a 3 Vcc. Poi, quando si spegne la radio, i due dispositivi potranno rimanere esposti al sole, allo scopo di ricaricare i due accumulatori, come segnalato in figura 9.
Per la realizzazione degli esperimenti ora descritti o l'alimentazione di radioline, ovvero per quelle applicazioni che si discostano dalla funzione primaria di ricarica degli accumulatori del dispositivo, si deve praticare un forellino sul contenitore, nel punto segnalato in figura 8, necessario per far passare i conduttori. Questo foro, che deve avere un diametro di almeno 4 mm si pratica in tempi successivi, per non rompere la plastica. Inizialmente, quindi, si esegue un primo foro da 1 mm, poi si allarga questo con una punta da trapano da 3 mm, e infine, si conclude il lavoro con una terza punta da 4 mm.

FUNZIONE PLL CON IC 4046

Uno dei circuiti integrati, che meglio d'ogni altro può svolgere la funzione PLL, è certamente il modello 4046, che è pure uno dei più diffusi ed economici e quindi alla portata di ciascun dilettante. Alla sua conoscenza, dunque, anche se superficiale, possono agevolmente pervenire i nostri lettori, soprattutto dopo alcune pratiche applicazioni che, a completamento dell'esposizione teorica, proporremo in seguito, con lo scopo di sperimentare l'influenza dei vari componenti sul funzionamento dell'integrato o, più precisamente, su quello dei blocchi del PLL.

La grande diffusione commerciale ed il basso costo di questo comunissimo integrato, invitano il lettore alla pratica sperimentazione, onde stabilire un primo approccio soddisfacente con tale, importante componente elettronico.

Teoria e pratica con l'anello regolatore ad aggancio di fase.

In molti dispositivi, l'integrato 4046 introduce un aumento di prestazioni.

Ma che cos'è questo PLL? Lo diremo quasi subito. Mentre per ora vogliamo aggiungere che il 4046 è un integrato realizzato in tecnologia a transistor MOS complementari, conosciuta con la sigla CMOS, che consente, in modo estremamente semplice, la composizione di funzioni logiche ed analogiche. Inoltre, le particolari caratteristiche dei transistor MOS, di presentare elevate impedenze di ingresso, assenza di tensioni di soglia in uscita e simmetria degli stadi, quasi tutti in push-pull, permettono di ottenere circuiti comparatori di fase ed oscillatori controllati in tensione, dotati di eccellenti prestazioni, nonostante la loro semplicità.
La figura 1 interpreta la piedinatura dell'integrato 4046 B con il quale, più avanti, il lettore è invitato a sperimentare. In figura 2, invece, è

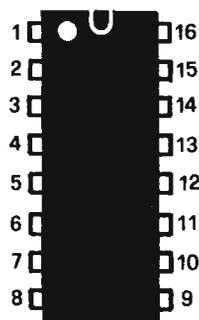



Fig. 1 - Piedinatura ed elementi guida per l'orientamento, in sede applicativa, dell'integrato modello 4046 B descritto nel testo ed ampiamente utilizzato in alcuni esperimenti.

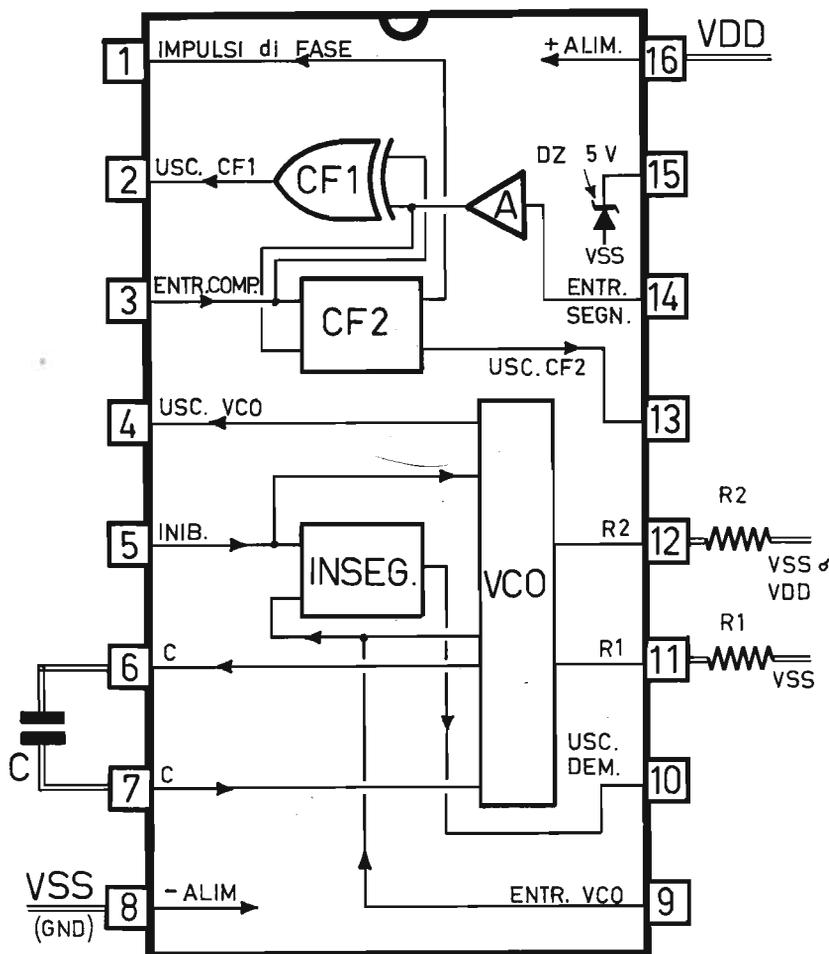



Fig. 2 - Schema a blocchi dell'integrato modello 4046 B a sedici piedini, le cui funzioni sono dettagliatamente descritte nel testo.

pubblicato lo schema a blocchi interno dello stesso componente. Nel quale si notano i due comparatori di fase CF1 e CF2, che assicurano il miglior adattamento con i diversi segnali e dei quali il primo è più idoneo ai segnali logici, il secondo a quelli analogici.
Il VCO, invece, è dotato di un amplificatore di corrente, che abbassa l'impedenza d'uscita, onde pilotare gli stadi presenti a valle senza difficoltà ed interferenze. Questo stadio VCO (Voltage - Controlled - Oscillator), che è implementato con un inseguitore di "source", presenta l'uscita sul piedino 10.
La gamma di frequenze, su cui opera il VCO, è controllata dalle resistenze collegate in serie sui terminali 11 e 12 (R1 - R2).
Il piedino 14 si identifica con l'ingresso di un amplificatore di segnale e di altri segnali di servizio. È anche indispensabile la presenza di un diodo zener, sul piedino 15, da 5,2 V, per stabilizzare eventualmente l'alimentazione.
Il circuito integrato, soprattutto se utilizzato in

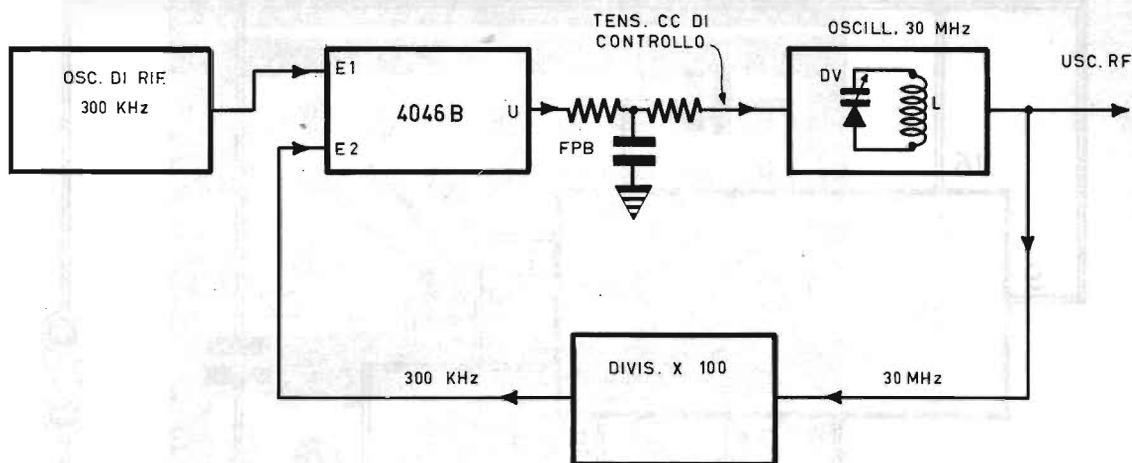



Fig. 3 - Circuito PLL alla cui formazione partecipano un oscillatore a 30 MHz, a destra, un divisore per cento, in posizione centrale e in basso, un oscillatore di riferimento, all'estrema sinistra, e l'integrato 4046 B.

bassa frequenza, consuma poco perché come accade per tutti i CMOS, il consumo avviene durante le commutazioni.

CIRCUITO PLL

Vediamo ora che cosa si intende per circuito PLL, la cui sigla riporta le iniziali delle tre parole Phase Locked Loop, che significano: "anello di regolazione ad aggancio di fase". Tradotte alla lettera, suonano così: Fase Aggancio Anello. Ma abbandoniamo ogni ulteriore commento alla sigla e passiamo senz'altro all'esame di questo tipo di circuito, che merita di esser conosciuto sia per la sua notorietà, sia per l'incremento di prestazioni che, in genere, aggiunge nei dispositivi in cui viene utilizzato.
Il PLL permette di sincronizzare due segnali a frequenza diversa, anche quando la frequenza di questi è indicata da un numero indivisibile per un numero intero. Ma in sostanza il circuito risulta formato da non molti componenti, facilmente conglobabili in un integrato e, quindi, assai economico. Tuttavia si tratta di un sistema reazionato che, come tutti quelli di questo tipo, può divenire instabile o funzionare malamente a seconda del dimensionamento e della messa a punto. In particolare, il PLL non è un circuito dei più semplici da stabilizzare e tarare, soprattutto quando da esso si pretende di derivare il massimo dei risultati. Ma in ogni caso, dal circuito PLL si possono ottenere risultati sorprendenti, anche esplorando, come è nostra abitudine suggerire ai lettori, funzionalità particolari.
Il circuito PLL viene attualmente impiegato in moltissimi settori dell'elettronica, dalla radioricezione e radiotelericezione alla registrazione audio e video, alle memorie magnetiche a disco e a nastro dei calcolatori, alle telecomunicazioni per sincronizzare i dati, al controllo della velocità dei motori, in automazione, nei giradischi, registratori ed orologi.
La sigla PLL, dunque, appare spesso su molte apparecchiature e sempre, o quasi sempre, assicura prestazioni veramente superbe.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il principio su cui si fonda il funzionamento del circuito PLL è alquanto semplice. Infatti, quan-

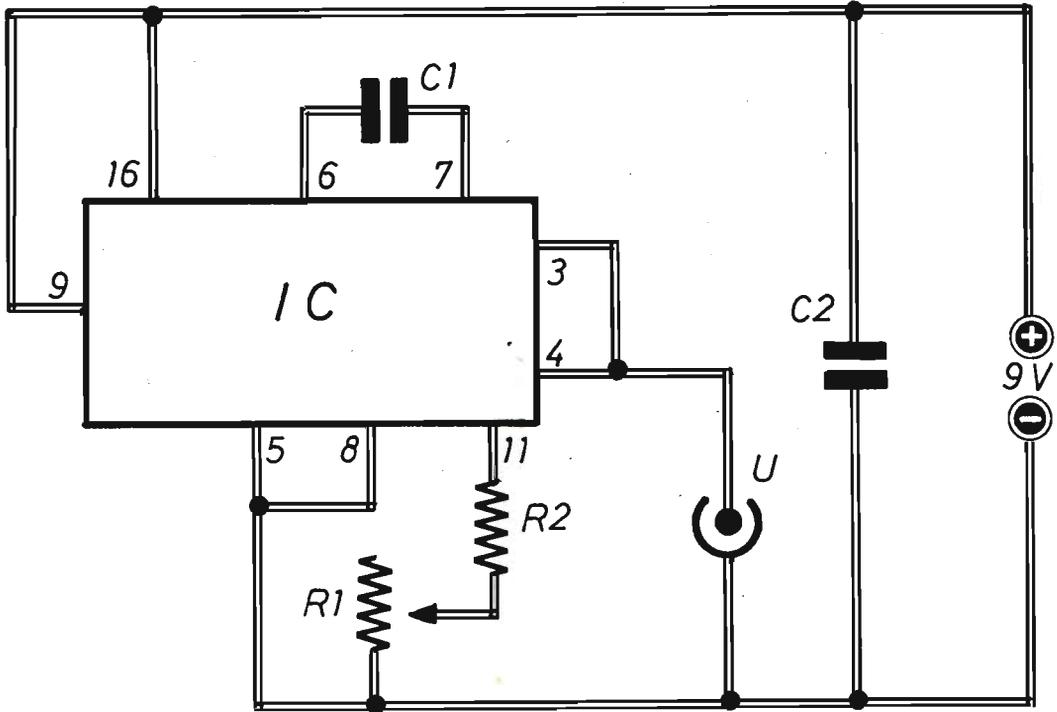



Fig. 4 - Circuito sperimentale di controllo del VCO contenuto nell'integrato 4046 B. La frequenza del segnale in uscita, riproducibile attraverso un amplificatore audio, varia con le regolazioni effettuate sul trimmer R1.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 10.000 pF (ceramico)
C2 = 100.000 pF (ceramico)

Resistenze

R1 = 100.000 ohm (trimmer)
R2 = 100.000 ohm - 1/4 W

Varie

IC = 4046 B (integrato)
ALIM. = 9 Vcc

do si vuole sincronizzare o agganciare ad un altro, un segnale con frequenza anche diversa, in modo che il segnale controllato possa variare soltanto come quello di riferimento, si deve operare nella seguente maniera.
Tramite un divisore di frequenza, ovvero con una serie di flip-flop, collegati in modo opportuno, si divide la frequenza del segnale originale in modo da renderla uguale a quella del segnale di riferimento, tenendo conto che, maggiori sono le cifre che compongono il divisore, più elevato diventa il numero di stadi necessari.
Ma tale operazione vale quando la frequenza del segnale da controllare è superiore a quella del segnale di riferimento. Altrimenti occorre dividere quest'ultimo, giacché l'operazione di moltiplicazione non è cosa facile. E questo è il motivo per cui serve un circuito PLL:
Una volta uguagliate le frequenze dei due segnali, queste vengono inviate ad un comparatore di fase, che ne misura lo sfasamento, erogando pure, in uscita, una tensione o corrente che si identificano con il segnale d'errore amplificato del sistema reazionato. Questo stesso segnale

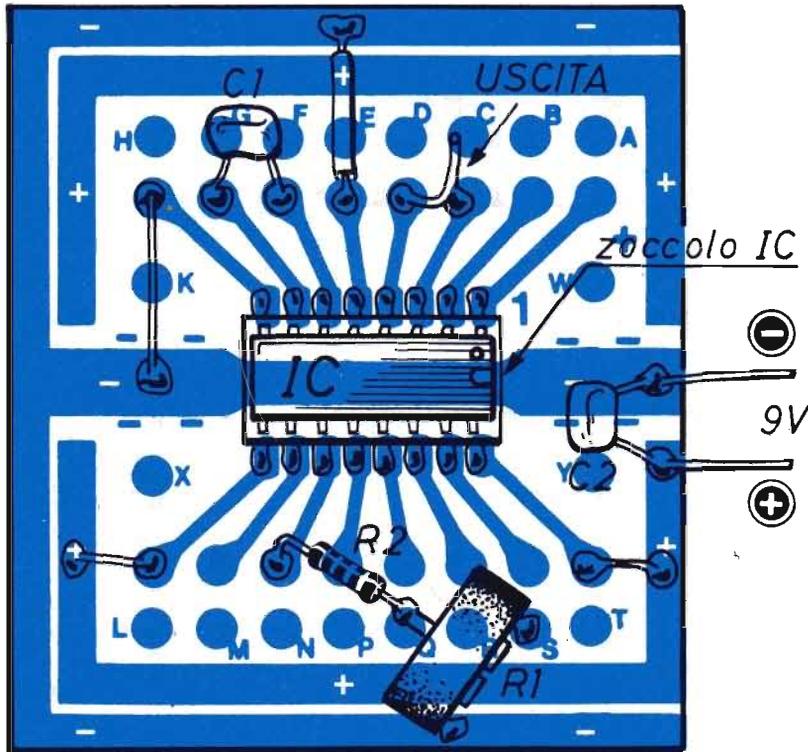



Fig. 5 - Realizzazione pratica, su basetta supporto di tipo commerciale, del circuito di controllo del comportamento del VCO contenuto nell'integrato 4046 B.

viene poi utilizzato per correggere la frequenza dell'oscillatore posto sotto controllo.
L'aggancio di frequenza diventa tanto più preciso quanto più elevato è il guadagno della spira di regolazione. Ma, allo stesso tempo, appare assai più difficile la stabilizzazione e maggiormente ristretta la gamma di frequenze su cui poter operare.
Anche l'aumento del numero che divide la frequenza implica un accrescimento del guadagno d'anello.
I tempi di risposta, del sistema ora analizzato, rimangono influenzati dal modo con cui viene concepito l'anello di reazione e dal guadagno di questo. In pratica è assai difficile ottenere tempi rapidi ma, fortunatamente, non sempre questi servono.
Da quanto finora detto, gli appassionati di radioricezione potranno apprezzare, in tutta la sua validità, la facoltà di un circuito PLL di agganciare la frequenxa di sintonia di un radioricevitore a quella di un oscillatore quarzato.
Concludiamo ricordando che il circuito PLL può essere usato pure per demodulare la modulazione di frequenza.

APPLICAZIONE DEL PLL

Lo schema pubblicato in figura 3 costituisce un'applicazione dell'integrato 4046 B in circuito PLL, nel quale vengono evidenziati i vari blocchi.
In alto, a destra dello schema, è simboleggiato un dispositivo oscillatore a 30 MHz, munito di diodo varicap, che consente di regolare la frequenza del segnale generato.
Parte del segnale uscente dall'oscillatore a ra-

C1
16
6
7
3
R1
IC
9
4
C2
9 V
12
5
8
11
U
R2
R3

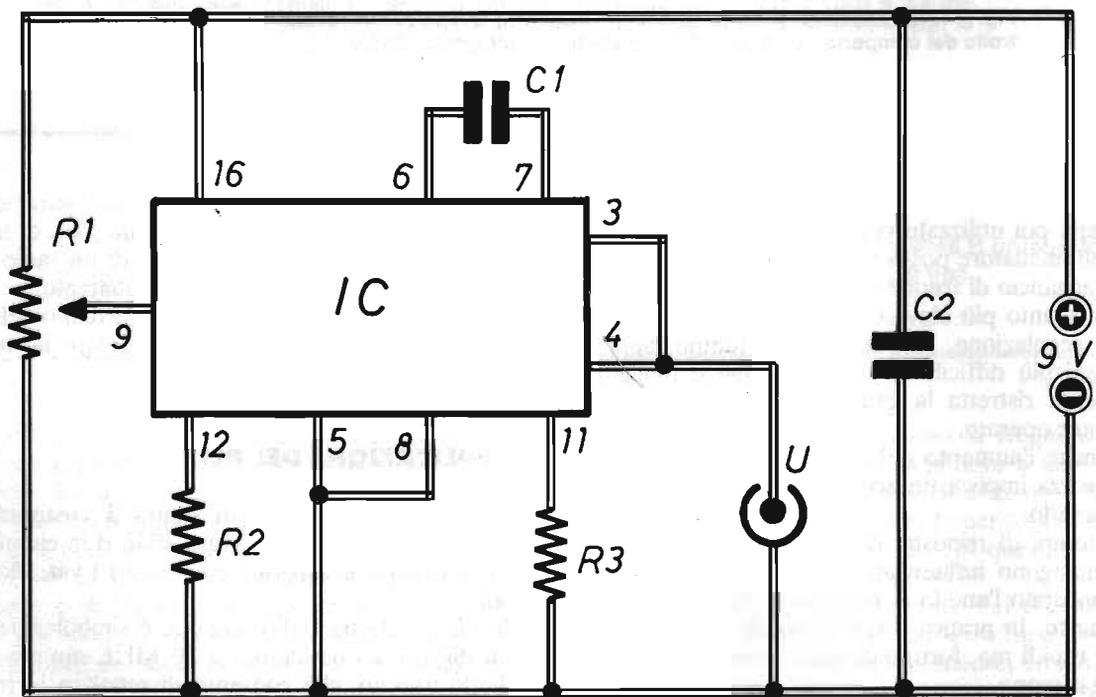
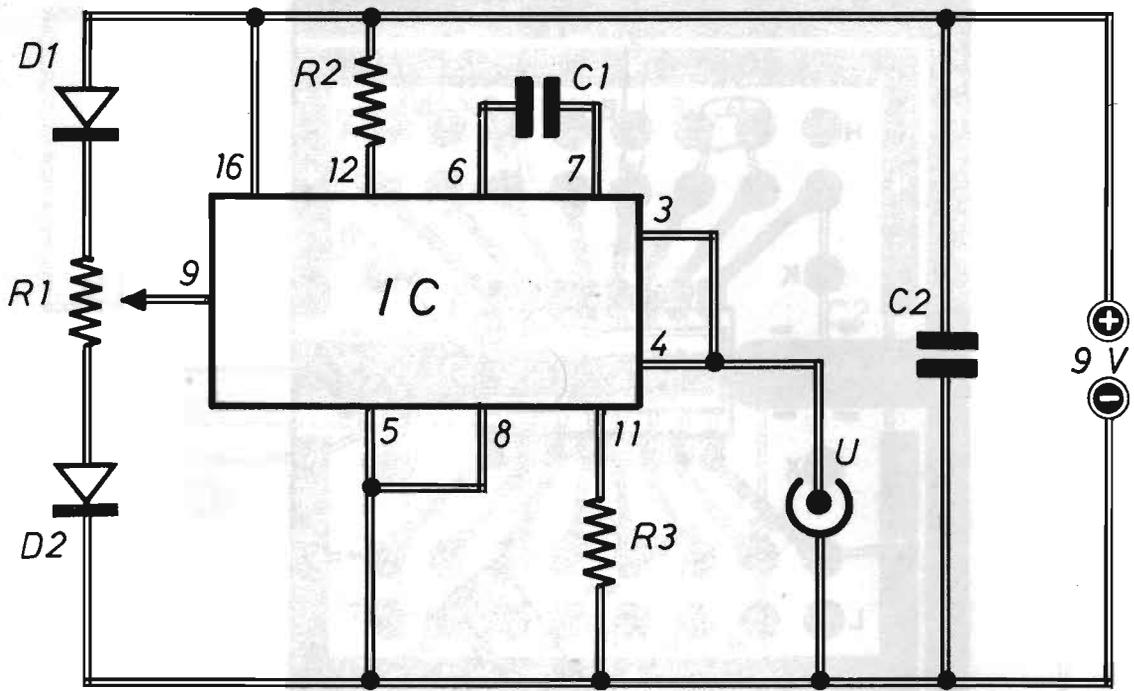



Fig. 6 - Variando la posizione del cursore del trimmer R1 si può apprezzare il campo di controllo del VCO, ovvero la gamma di variazioni di frequenza in uscita.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 100.000 pF (ceramico)
C2 = 100.000 pF (ceramico)

Resistenze

R1 = 100.000 ohm (trimmer)
R2 = 10 megaohm - 1/4 W
R3 = 100.000 ohm - 1/4 W

Varie

IC = 4046 B (integrato)
D1 = 1N4148 (diodo silicio)
D2 = 1N4148 (diodo silicio)
ALIM. = 9 Vcc

Fig. 7 - Per affidare la scelta del minimo valore di frequenza ottenibile dal VCO alla resistenza R2, questa deve rimanere collegata fra il piedino 12 di IC e la linea di massa.

COMPONENTI

Condensatori

C1 = 100.000 pF (ceramico)
C2 = 100.000 pF (ceramico)

Resistenze

R1 = 100.000 ohm (trimmer)
R2 = 4,7 megaohm - 1/4 W
R3 = 100.000 ohm - 1/4 W

Varie

IC = 4046 B (integrato)
ALIM. = 9 Vcc

diofrequenza (RF) viene inviato al divisore per 100 che, all'uscita, propone un segnale alla frequenza di 300 KHz. Il quale raggiunge l'entrata E2 dell'integrato, mentre sull'altra entrata si inietta il segnale proveniente dall'oscillatore di riferimento, a cristallo di quarzo, che eroga una frequenza stabilissima a 300 KHz e che è rappresentato dal primo blocco, a sinistra dello schema di figura 3.
L'integrato 4046 B compara le fasi di questi due segnali che, se sono uguali fra loro, ovvero quando il circuito PLL è "agganciato", danno luogo ad un'uscita U costante in tensione, mentre l'oscillatore libero genera segnali dell'esatto valore di 30 MHz. Soltanto se si verifica uno spostamento di frequenza, non essendo più in fase i segnali a 300 KHz, allora interviene l'integrato, che muta il valore della tensione d'uscita per riportare l'oscillatore a 30 MHz in fase perfetta.
Volendo variare la frequenza dell'oscillatore a 30 MHz, per mezzo del diodo varicap, si deve cambiare quella dell'oscillatore di riferimento, oppure il numero delle divisioni, come del resto è stato ampiamente detto in precedenza. Ma in questo caso si tratta di comporre circuiti assai complicati e di difficile realizzazione pratica. Ecco perché del circuito PLL è stato offerto un sintetico cenno attraverso lo schema a blocchi di figura 3.
Prima di chiudere questa breve analisi del circuito PLL, occorre interpretare ancora la natura e la funzione del filtro passa basso FPB, inserito fra l'uscita dell'integrato 4046 B e l'entrata dell'oscillatore a 30 MHz.
Il filtro FPB costituisce un dispositivo fondamentale nel funzionamento del circuito PLL, giacché il segnale uscente dal comparatore di fase è di tipo variabile, composto dal segnale somma e da quello differenza, ossia da altre due frequenze. Mentre soltanto il valore medio di questo, filtrato dalle componenti più elevate, è in grado di regolare il VCO (Voltage Controlled Oscillator) contenuto nell'integrato. Senza il filtro passa basso, dunque, il circuito PLL non funziona, anche se esso introduce nel sistema elettronico un ritardo che tende a rendere instabile la regolazione, oltre che a ritardarne la risposta. La sua messa a punto, pertanto, costituisce l'operazione più critica fra ogni altra del PLL, sia pure perché da questa, a parità di restanti condizioni, dipendono in grande misura i risultati raggiunti.

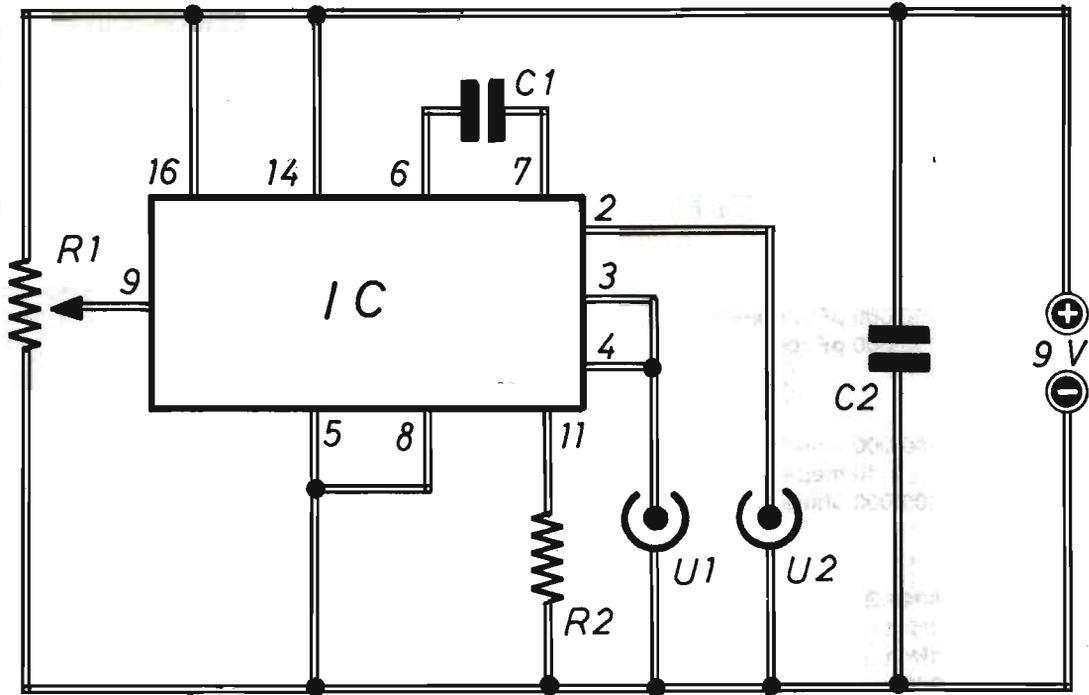



Fig. 8 - Esempio di impiego del comparatore di fase digitale dell'integrato 4046 B. In uscita vengono utilizzate l'onda diretta e quella sfasata di 180°.

COMPONENTI

Condensatori		Resistenze		Varie	
C1	= 100.000 pF (ceramico)	R1	= 220.000 ohm (trimmer)	IC	= 4046 B (integrato)
C2	= 100.000 pF (ceramico)	R2	= 10.000 ohm - 1/4 W	ALIM.	= 9 Vcc

FUNZIONAMENTO DEL VCO

L'integrato 4046 B contiene gran parte degli elementi necessari per comporre un circuito PLL. Infatti, confrontandolo con lo schema a blocchi di figura 3, si può notare che, per il completamento del dispositivo, mancano soltanto il divisore di frequenza ed il filtro passa basso, che debbono essere necessariamente esterni al componente. Ma il divisore di frequenza può essere scelto fra i tanti disponibili nelle varie famiglie di integrati logici, mentre il filtro passa basso FPB rimane composto da un comunissimo collegamento resistivo-capacitivo (RC).
Nell'integrato 4046 B, come abbiamo avuto occasione di dire più volte, è contenuto il dispositivo VCO, ossia l'oscillatore controllato in tensione, il cui funzionamento può essere ampiamente e facilmente sperimentato attraverso la realizzazione di quattro circuiti. I quali, tutti, generano un segnale ad onda rettangolare, come quello pubblicato in figura 9.
Cominciamo col prendere in esame il circuito di figura 4, in cui mantenendo fissa la tensione di controllo a 9 V, applicata sul piedino 9 (EN-

TR. VCO), la frequenza del segnale generato, disponibile sull'uscita U, dipende dal valore della resistenza presente in serie con il piedino 11. Questa resistenza equivale alla somma della resistenza fissa R2 e della parte resistiva manualmente impostata sul trimmer R2.
Il significato di questo esperimento consiste nel dimostrare come, al variare della resistenza sul terminale 11, possa mutare la frequenza di oscillazione del VCO contenuto in IC.
Di questa applicazione è pure pubblicato, in figura 5, lo schema pratico, che si avvale, in veste di supporto, dell'impiego di una di quelle piastrine che, tempo addietro, questa rivista consigliava ai lettori nella sperimentazione degli integrati analizzati in apposita rubrica mensile. Tali piastrine vengono tuttora vendute in numero di due dalla Stock Radio di Via Panfilo Castaldi, 20 - 20124 Milano, alla quale possono essere richieste inviando anticipatamente l'importo di L. 10.000, per ogni coppia, tramite vaglia postale, assegno bancario o conto corrente postale n° 46013207 (spese di spedizione comprese).
Ovviamente l'integrato, allo scopo di evitare le saldature a stagno sui suoi terminali, deve essere applicato al circuito tramite apposito zoccoletto.
Una volta montato il circuito di figura 5, si dovrà collegare l'uscita, chiaramente segnalata sul piano costruttivo, all'entrata di un qualsiasi amplificatore di bassa frequenza, servendosi di un cavo schermato, la cui calza metallica verrà connessa con il morsetto negativo della pila di alimentazione a 9 V.
Facendo ruotare il cursore del trimmer R1, si potrà ascoltare un preciso cambiamento di frequenza del suono emesso dall'altoparlante dell'amplificatore audio, con la possibilità di spaziare in una gamma che si estende fra qualche centinaio ed alcune migliaia di hertz.
Sulla stessa piastrina supporto, su cui si è composto il circuito di controllo del VCO dell'integrato IC, si potranno comporre poi i successivi circuiti proposti nelle figure 6 - 7 - 8.
Mentre nel circuito di figura 4 la tensione di alimentazione del VCO rimane costantemente sul valore di 9 V, in quello di figura 6 la tensione del VCO è variabile e ricavata dalla pila attraverso il diodo D1 ed il trimmer R1. In questo schema, la massima frequenza rimane stabilita dalla resistenza R3 e dal condensatore C1, mentre la resistenza R2 imposta il valore minimo di frequenza.

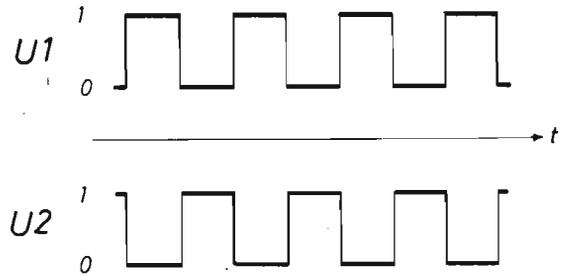



Fig. 9 - Tutti i segnali emessi dai dispositivi sperimentali, presentati in queste pagine, sono di forma rettangolare. Quelli qui riportati si riferiscono alle uscite del circuito utilizzatore del comparatore di fase digitale dell'integrato 4046 B.

Variando la posizione del cursore di R1, è possibile apprezzare il campo di controllo del VCO, cioé la gamma di variazioni della frequenza in uscita.
I segnali generati, anche in questo caso, vengono ascoltati attraverso l'altoparlante di un amplificatore audio, collegato tramite cavo schermato.
Nel circuito di figura 7, la resistenza R2, che nello schema precedente di figura 6 era collegata fra il piedino 12 di IC e la linea di alimentazione positiva, questa volta rimane connessa fra lo stesso piedino di IC e massa. Con tale variante, la frequenza minima resta scelta dalla resistenza R2 e dal condensatore C1, mentre quella massima rimane fissata dal condensatore C1 e dal collegamento in parallelo di R2 ed R3.
Nel circuito di figura 8 è stato utilizzato il comparatore di fase digitale dell'integrato IC, quello che in figura 2 è segnalato con la sigla CF1 ed il cui ingresso invertente è riscontrabile sul piedino 3 di IC, mentre l'uscita rimane individuata sul piedino 2. Si è inoltre provveduto a mantenere sempre alto l'ingresso analogico amplificato (piedino 14).
Il comparatore di fase è qui impiegato in funzione di inverter, allo scopo di utilizzare, in uscita, sia l'onda diretta come quella complementata, sfasata di 180°. E per ottenere tale risultato è stato sufficiente collegare l'uscita del VCO (piedino 3 di IC) con il comparatore di fase (piedino 3 di IC).

CORSO ELEMENTARE DI ELETTRONICA

MODULI OPTOACCOPPIATORI

Agli optointerruttori e optoriflettori, già analizzati nel precedente fascicolo di settembre, fanno seguito, in questa sede, alcune considerazioni teoriche ed applicazioni pratiche sui fotoaccoppiatori, altrimenti denominati optoaccoppiatori o moduli di isolamento elettrico per mezzo della luce. La cui funzione primaria, come verrà più avanti segnalato, è quella di isolare un circuito di controllo o pilota da un altro di potenza, generalmente interessato da tensioni di valore molto elevato. L'argomento, dunque, è assai interessante, perché offre a tutti la possibilità di sperimentare un modulo elettronico moderno, che si è imposto, per le sue particolari caratteristiche, nel mondo dell'elettronica e in quello dell'elettrotecnica, in modo particolare là dove i tradizionali sistemi di isolamento possono rivelarsi poco economici o irrazionali e quando la tensione alternata di rete viene considerata pericolosa.

MODELLI DIVERSI

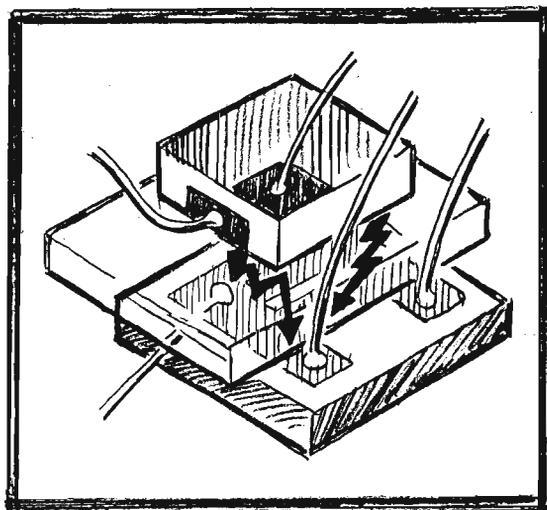
I modelli di optoaccoppiatori, attualmente in commercio, sono molteplici, con forme esteriori e prezzi diversi, che variano a seconda della destinazione dei componenti. Ma quelli cui vien fatto riferimento in questo articolo sono composti in un piccolo integrato, a sei piedini, come segnalato in figura 1, in alto a destra. Mentre sulla sinistra della stessa figura è simboleggiato lo schema elettrico interno del componente, concettualmente formato da un diodo led e da un fototransistor. Un esempio di fotoaccoppiatore di potenza, invece, è illustrato in figura 2;

le dimensioni fisiche, in questo caso, sono di 20 mm x 10 mm x 6 mm, senza tener conto, ovviamente, della presenza di quattro elettrodi contrassegnati con le lettere "a - k - e - c", il cui significato è il seguente:

a = anodo del diodo
k = catodo del diodo
e = emittore transistor
c = collettore transistor

L'elettrodo di base, come accade in quasi tutte le applicazioni pratiche dei fotoaccoppiatori, rimane inutilizzato e nel caso del componente di potenza di figura 2 è addirittura assente.
Per quanto riguarda le tensioni che possono rimanere isolate, tramite l'impiego degli optoaccoppiatori, queste sono talvolta elevatissime, dell'ordine dei 10.000 V - 15.000 V - 50.000 V, anche se di norma l'isolamento più comune è da ritenersi intorno ai 5.000 V. Il modello di potenza, illustrato in figura 2, ad esempio, può isolare tensioni superiori ai 15.000 V.
Un'ulteriore particolarità, che differenzia tra loro i vari modelli di optoaccoppiatori, è da rilevare nel tipo di fototransistor contenuto nel modulo elettronico, che può essere sostituito da un fotodarlington o da un fototriac. Mentre il diodo led è sempre presente e rappresenta l'elemento di comando ottico all'interno del componente.
In figura 3 è riportato lo schema teorico con la corrispondente piedinatura, di un fotoaccoppiatore dotato, internamente, di transistor fotodarlington.
Lo schema elettrico di un fotoaccoppiatore, contenente all'interno un fototriac, è illustrato in figura 4. In questo circuito, i terminali del fototriac sono presenti sui piedini contrassegnati con i simboli della tensione alternata e numerati con 4 e 6. Questi sono da considerarsi invertibili tra loro. Il terminale 5, siglato con "s", normalmente non viene utilizzato (nc) e rimane internamente collegato con il "substrato".

COMPOSIZIONE STRUTTURALE

Lo schema di figura 5 ribadisce il concetto, più volte ripetuto, di isolamento elettrico fra due sistemi operativi, ottenuto tramite l'interposizione di un fotoaccoppiatore. Come si può notare, infatti, sulla sinistra della stessa figura è segnalata la presenza di un circuito di comando, o circuito pilota, alimentato con tensioni di basso valore (BT), mentre sulla destra è presente il dispositivo di potenza, alimentato con la tensione di rete o, comunque, con tensioni elettriche elevate e quindi pericolose. Fra i due appare interposto il fotoaccoppiatore, che esercita la sua funzione di isolamento elettrico e che è composto da un diodo led DL e da un fototransistor. I lampeggìi del diodo led DL pilotano il fototransistor FTR che, a sua volta, mette in funzione il circuito di potenza. Ma nello schema di figura 5, i due semiconduttori appaiono separati, quasi fossero due elementi singoli, da impiegare secondo tecniche e modalità stabilite dall'operatore. Mentre così non è, perché i due semiconduttori sono conglobati in una unica struttura elettronica, chiusa in un contenitore, così come accade per un comune circuito integrato. Una struttura chiamata "fotoaccoppiatore".

La composizione reale di un normale fotoaccoppiatore, contenuto nell'involucro protettivo, è quella pubblicata in figura 6. Il fotoaccoppiatore vero e proprio, che costituisce il cosiddetto CHIP dell'integrato, rimane posizionato in zona centrale ed i suoi conduttori sono collegati con i terminali del componente. I tre elettrodi, presenti a sinistra di figura 6, si riferiscono al diodo led DL (anodo = a, catodo = k) e al terminale

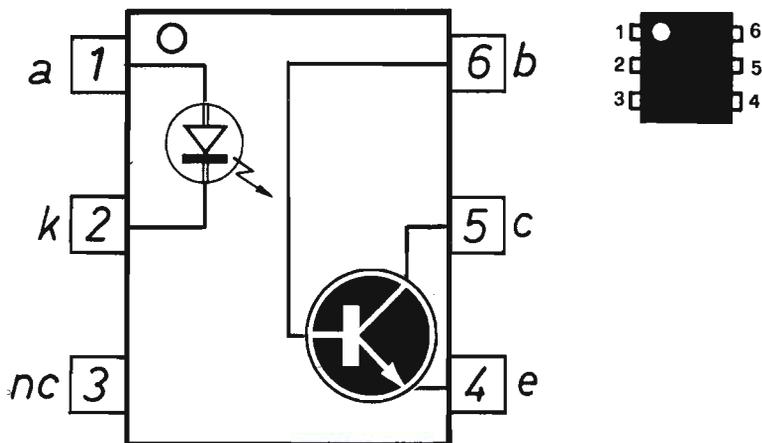



Fig. 1 - Schema elettrico del circuito interno di un optoaccoppiatore con relativa piedinatura. Sulla destra, in alto, si nota il componente nella sua struttura esteriore, che appare simile a quella di un comune integrato.

non collegato (nc), ma applicato al substrato. I tre elettrodi di destra della stessa figura, invece, si riferiscono ai conduttori di collettore (c), base (b) ed emittore (e) del fototransistor FTR. In alto, a sinistra del supporto, è presente la tacca guida di orientamento della disposizione dei terminali del componente.

Ma entriamo ora nella struttura intima del fotoaccoppiatore, ovvero avviciniamoci di più alla conoscenza del CHIP integrato, che è stato chiaramente interpretato tramite il disegno pubblicato in figura 7. Nel quale si nota come il

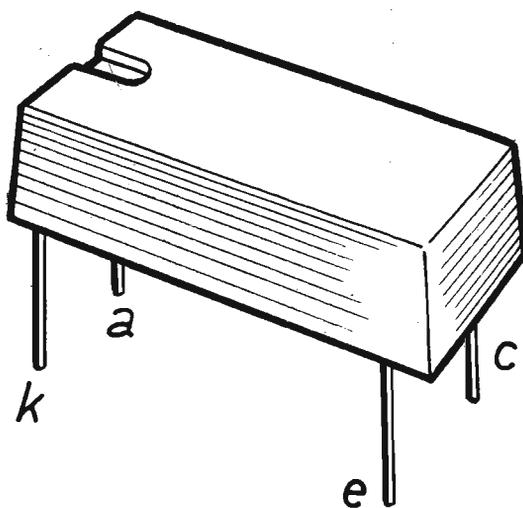



Fig. 2 - Esempio di fotoaccoppiatore di potenza. Da una parte sono presenti gli elettrodi di anodo (a) e di catodo (k) del diodo led, dall'altra quelli di emittore (e) e di collettore (c) del fototransistor. Manca l'elettrodo di base che, in questi componenti, rimane inutilizzato.

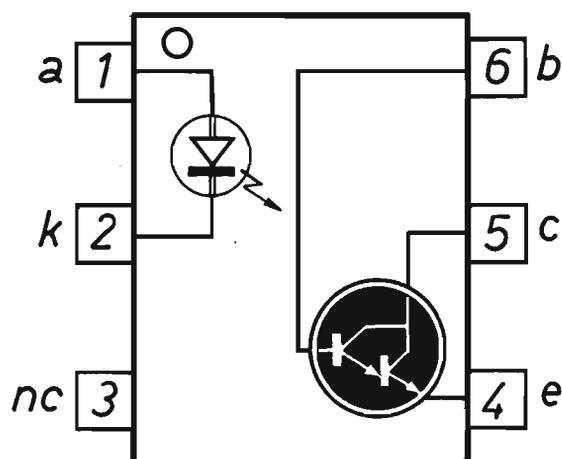



Fig. 3 - Circuito interno e piedinatura di un fotoaccoppiatore nel quale è inserito, in sostituzione del comune fototransistor, un fotodarlington.

diodo led DL rimanga posizionato nella parte superiore del CHIP, mentre il fototransistor è sistemato in quella inferiore. Del diodo led DL sono segnalati i due elettrodi, di anodo (a) e di catodo (k), mentre per il fototransistor FTR vengono indicati i conduttori di emittore - base - collettore (e - b - c).
Naturalmente, le dimensioni del CHIP sono minime, se confrontate con quelle, già menzionate in precedenza, di tutto l'integrato.

DEBOLI SEGNALI LUMINOSI

Quando si debbono amplificare segnali luminosi alquanto deboli, come possono essere quelli

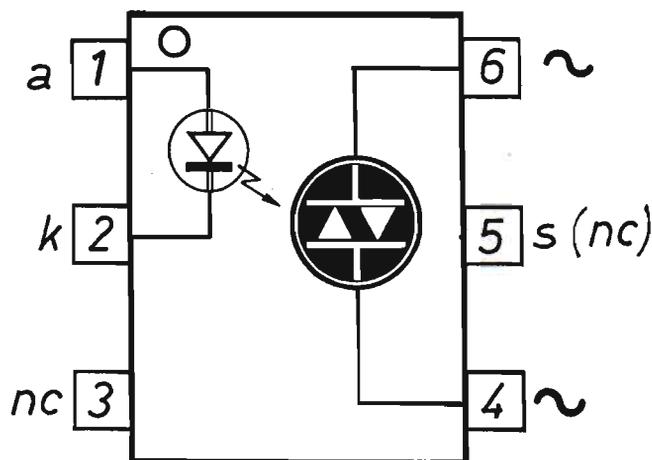



Fig. 4 - Schema elettrico del circuito interno di un fotoaccoppiatore nel quale è inserito un fototriac, che caratterizza il componente per usi di media potenza.

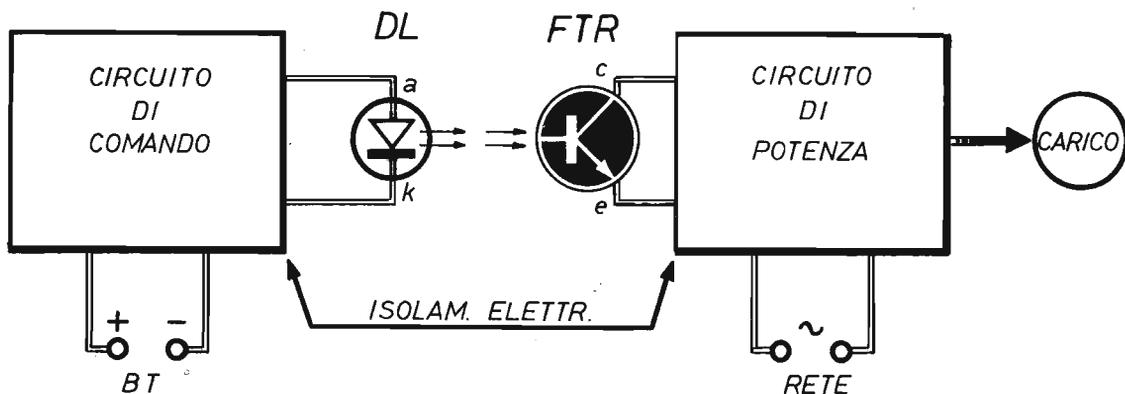



Fig. 5 - Circuito interpretativo del funzionamento di un fotoaccoppiatore. Il circuito di comando, alimentato con bassa tensione, mette in azione il led che, con i suoi raggi luminosi, pilota il fototransistor, il quale attiva il dispositivo di potenza.

emessi da un piccolo diodo led, oppure quando è necessario disporre di forti segnali elettrici, provocati da variazioni di intensità luminose, come accade ad esempio nelle barriere a raggi luminosi o infrarossi, sulle lunghe distanze, nelle trasmissioni su fibra ottica a bassa velocità, nelle comunicazioni audio tramite luce o in altre occasioni ancora, conviene collegare due fototransistor in configurazione Darlington, oppure utilizzare un dispositivo già integrato, che presenta il vantaggio di una maggiore semplicità circuitale, un minor ingombro ed un'area da esporre alla luce assai più vasta.
Un tale elemento prende il nome di "fotodarlington" ed il suo simbolo elettrico, utilizzato nella composizione degli schemi teorici, è quello pubblicato sulla destra, in basso di figura 3. Ebbene, il fotodarlington è entrato pure nella composizione dei fotoaccoppiatori, dove risolve tutti i problemi dianzi citati, conferendo al dispositivo optoisolatore caratteristiche eccellenti.
Nel fotoaccoppiatore, tuttavia, come è stato detto in precedenza, è pure entrato, in sostituzione del fototransistor e del fotodarlington, anche il fototriac, il cui simbolo elettrico è riportato a destra, in basso di figura 4. Ma del quale non viene utilizzato l'elettrodo di gate e con cui è composto il fotoaccoppiatore modello K 3020 P della Telefunken, che abbiamo montato nel circuito sperimentale qui di seguito presentato e nel quale si utilizza pure un diodo led temporizzato che richiede, a beneficio dei lettori principianti, alcune delucidazioni teoriche.

LED TEMPORIZZATI

I diodi led temporizzati costituiscono il risultato dell'accoppiamento fra i led comuni ed i circuiti integrati. Il loro aspetto esteriore non si differenzia da quello del comune led, ma il contenuto interno è diverso, mentre i colori rimangono ancora gli stessi: rosso, giallo, arancio e verde che, sotto l'aspetto visivo, è il più efficiente fra tutti, perché proprio sulle frequenze del verde l'occhio umano vanta la sua massima sensibilità.
Dunque, il diodo led temporizzato non rivoluziona affatto il mondo dell'optoelettronica, semmai lo perfeziona, rivelandosi un componente decisamente individuabile ed in grado di richiamare immediatamente l'attenzione di ogni operatore. E questo è il motivo per cui il led temporizzato viene oggi montato nei sistemi segnalatori d'allarme o di cattivo funzionamento di molte apparecchiature elettroniche, in fabbrica, nel laboratorio o in auto, senza richiedere null'altro che una semplice connessione all'alimentazione, allo stesso modo con cui si opera

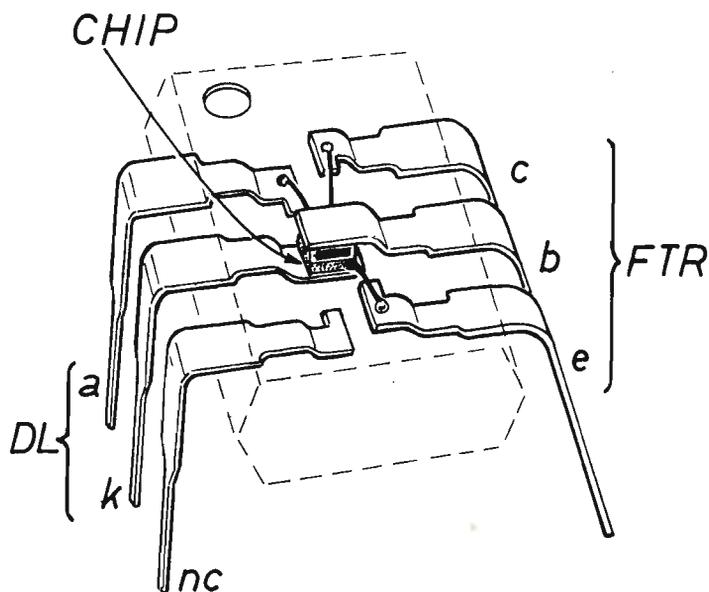



Fig. 6 - Struttura fisica interna di un fotoaccoppiatore, le cui parti di maggiori dimensioni sono rappresentate dal supporto e dai sei piedini. Il fotoaccoppiatore vero e proprio, identificabile nel chip, rimane fissato in posizione centrale.

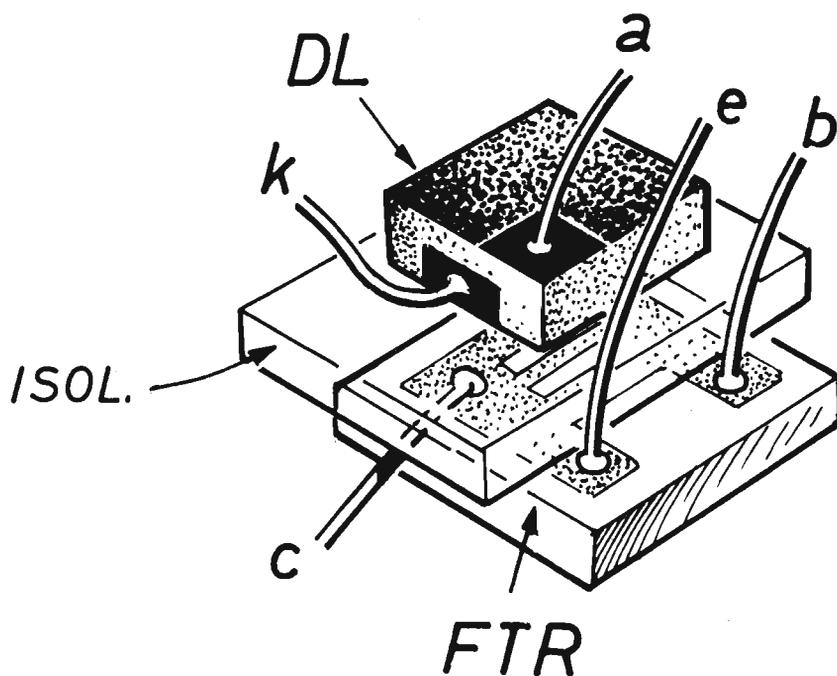



Fig. 7 - Composizione interpretativa della struttura fisica del chip di un fotoaccoppiatore. Nella zona superiore è presente il diodo led, in quella inferiore rimane applicato il fototransistor.

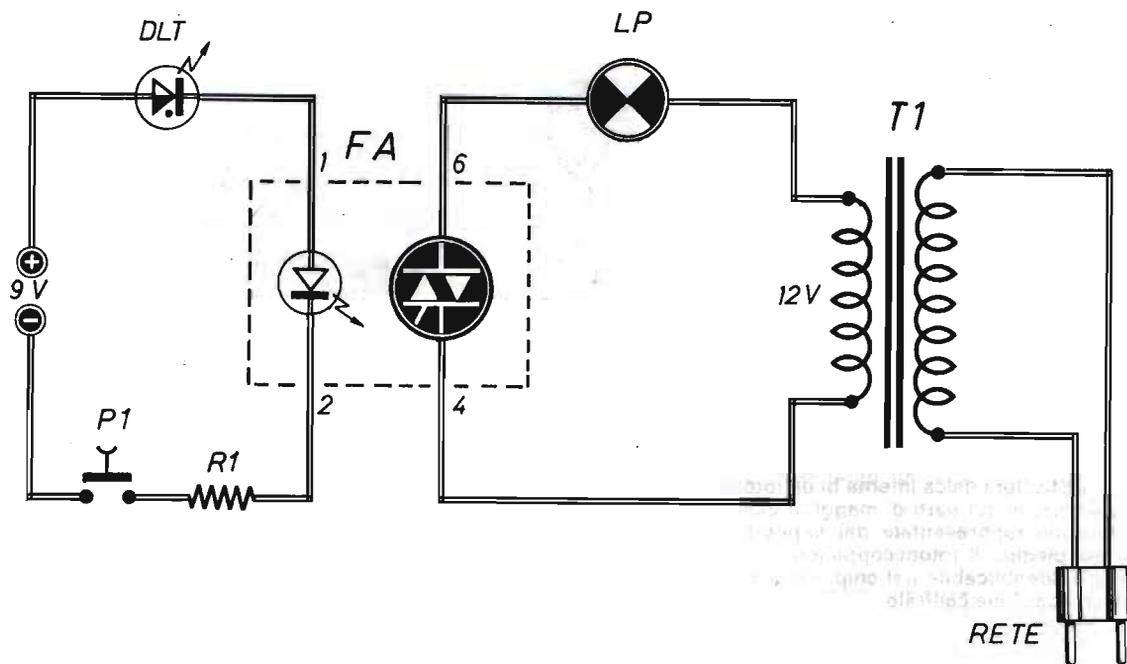



Fig. 8 - Progetto sperimentale di interpretazione del comportamento di un fotoaccoppiatore. Premendo il pulsante P1, il led temporizzato DLT lampeggia e fa lampeggiare, a sua volta, il led contenuto in FA, che attiva o neutralizza il funzionamento del triac, facendo lampeggiare la lampada LP.

COMPONENTI

P1 = pulsante (normal. aperto)
DLT = led temporizzato (qualsiasi mod.)
R1 = 470 ohm - 1/4 W
FA = K 3020 P (Telefunken)
LP = lampada-pisello (12 Vca - 0,3 A)
T1 = trasf. (220 Vca - 12 Vca - 5 ÷ 10 W)

con il più comune diodo led.
Il simbolo elettrico del diodo temporizzato, che si differenzia dall'omonimo componente minore per la presenza di un puntino nero, è facilmente riconoscibile in alto a sinistra del progetto di figura 8.
Il puntino nero identifica la presenza di un circuito integrato incorporato nel contenitore del componente optoelettronico. I cui due elettrodi uscenti prendono i nomi di anodo e catodo, allo stesso modo di un normale diodo led.
La lunghezza dei due reofori è quasi sempre diversa, nel senso che il conduttore di catodo è il più corto fra i due. Questo particolare, unitamente alla presenza di un piccolo incavo guida, ricavato sulla circonferenza di base del componente, in corrispondenza dell'elettrodo di catodo, consente al tecnico di riconoscere immediatamente i due conduttori e di evitare errori di montaggio.
La funzione dell'integrato, contenuto nel led temporizzato, consiste nell'accendere e spegnere, con una frequenza di tre o quattro volte al secondo, il diodo luminescente led. Dunque, l'integrato serve a creare l'intermittenza luminosa ed il led obbedisce agli ordini impartitigli.
Nella pratica corrente, il diodo led temporizzato si cabla elettricamente, come ogni altro led.

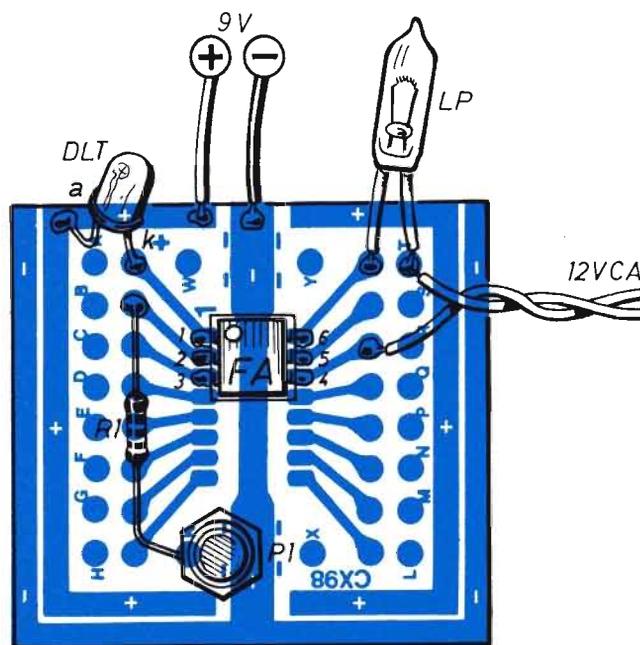



Fig. 9 - Schema pratico del circuito sperimentale di interpretazione del funzionamento di un fotoaccoppiatore. La piastrina supporto, di tipo commerciale, può essere richiesta dalla ditta citata nel testo.

Tuttavia, a causa della presenza interna di un integrato, occorre far in modo che la tensione continua, applicata ai suoi elettrodi, non risulti inferiore ai 4 Vcc. Nel progetto di figura 8, il led temporizzato DLT vien fatto funzionare con la tensione continua di 9 Vcc.
Coloro che fossero in possesso di un oscilloscopio, potrebbero osservare l'andamento delle tensioni sugli elettrodi di DLT, corrispondenti al treno di accensioni e spegnimenti del componente secondo il diagramma pubblicato in figura 11.

CIRCUITO SPERIMENTALE

Quello di figura 8 è un circuito di valore sperimentale, con il quale viene interpretata una semplice applicazione del fotoaccoppiatore, il cui modello prescritto è formato, internamente, da un diodo led e da un fototriac.
Diciamo subito che i modelli di fotoisolatori con fototriac non sono in grado di pilotare potenze elevate o tensioni di grande valore. Infatti, questi tipi di componenti vengono abitualmente impiegati per il pilotaggio di altri triac di potenza. Tuttavia, per l'esperimento che ci accingiamo a descrivere, questo e qualsiasi altro tipo di fotoaccoppiatore possono essere utilmente montati nel progetto, senza che i risultati pratici debbano cambiare.
Il circuito di figura 8 è composto, principalmente, da tre sezioni elettroniche: quella di pilotaggio, l'altra del fotoisolatore e la terza che esegue gli ordini inviati dalla prima.
La sezione di pilotaggio è composta da un alimentatore, formato dal collegamento in serie di due pile piatte, da 4,5 V ciascuna, allo scopo di erogare la tensione complessiva di 9 V, da un diodo led temporizzato DLT, le cui caratteristiche sono state appena citate, da un pulsante (P1) di tipo normalmente aperto e dalla resi-

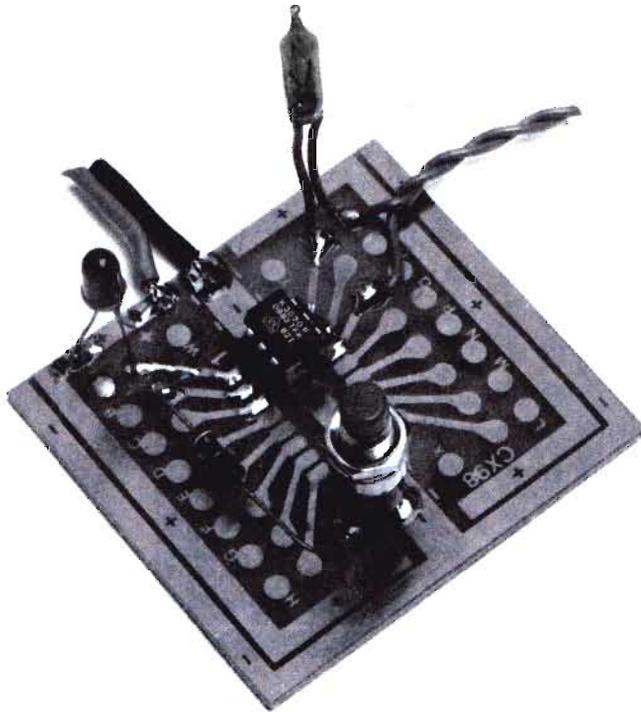
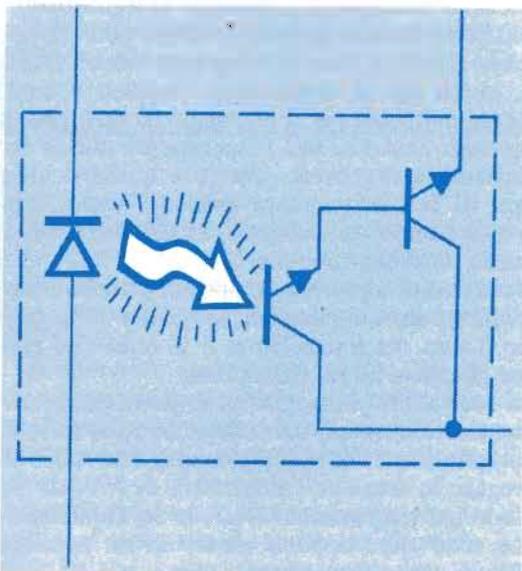



Fig. 10 - Questa foto riproduce il prototipo del circuito applicativo del fotoaccoppiatore modello K 3020 P della Telefunken realizzato nei nostri laboratori.

stenza R1, che prende il nome di resistenza di limitazione ed impedisce un assorbimento eccessivo di corrente dall'alimentatore.
La seconda sezione, quella centrale dello schema di figura 8, è rappresentata dal fotoisolatore FA, di cui abbiamo abbondantemente parlato in precedenza.
La terza sezione, quella a destra dello schema di figura 8, costituisce il circuito di potenza, interessato dalla tensione di rete, che si vuol pilotare tramite la prima sezione del circuito, pur conservando tra le parti un completo isolamento elettrico. Quest'ultima sezione del progetto è composta da una lampada LP e da un trasformatore della tensione di rete dal valore di 220 Vca a quello di 12 Vca.
La lampada LP è rappresentata, nel montaggio reale di figura 8, da un elemento "pisello" da 12 Vca — 100 mA ÷ 300 mA e questi valori non possono essere superati per alcun motivo.

Ma vediamo subito come funziona il circuito di figura 8, anche se molti lettori, giunti a questo punto dell'esposizione, avranno già intuito, almeno in parte, il comportamento del dispositivo.
Quando si preme il pulsante P1, vien chiuso il circuito alimentatore - diodo led temporizzato - diodo led incorporato nel fotoaccoppiatore FA - resistenza di limitazione R1 - interruttore P1. Dunque, in questo circuito scorre la corrente promossa dalle pile, che fa lampeggiare il diodo DLT che, a sua volta, provoca una sequenza di accensioni e di spegnimenti del diodo led normale inserito nel fotoaccoppiatore FA. Quest'ultimo poi, innesca e disinnesca la conduttività del triac, avviando o interrompendo la corrente promossa dell'avvolgimento secondario a 12 Vca del trasformatore T1. Conseguentemente, a testimonianza della veridicità dei concetti riportati in sede teorica, la lampada-pisello LP si accende e si spegne. Ovviamente, questo fenomeno dura per tutto il tempo in cui viene tenuto premuto il piulsante P1.
Una volta eseguito questo primo esperimento, conviene, subito dopo, effettuarne un secondo. Che consiste nel cortocircuitare per pochi secondi, tramite uno spezzone di conduttore, o con un piccolo cacciavite, i due elettrodi di anodo e di catodo del diodo temporizzato DLT.
Con questa ulteriore prova si elimina l'effetto lampeggiante segnalato dalla lampada pisello LP, che invece rimane costantemente accesa,

Fig. 11 - Diagramma interpretativo del comportamento del diodo led temporizzato DLT, alimentato con la tensione di 9 Vcc. Le successive fasi di accensione e spegnimento si manifestano nel tempo di un secondo.

purché naturalmente si tenga premuto il pulsante P1. Ma, lo ripetiamo, questa prova deve durare soltanto pochi secondi.

MONTAGGIO DEL DISPOSITIVO

Senza ricorrere all'approntamento di circuiti stampati, allo scopo di semplificare oltremodo la realizzazione pratica del progetto di figura 8, abbiamo proposto al lettore il montaggio illustrato nel piano costruttivo di figura 9 e nella foto di figura 10. Per il quale viene utilizzata una basettina del tipo di quelle che Elettronica Pratica, a suo tempo, durante la presentazione a puntate successive del corso di avviamento all'uso degli integrati digitali, mise in vendita a beneficio dei lettori interessati e che ora può

essere richiesta alla Stock Radio - Via Panfilo Castaldi, 20 - 20124 Milano, ricordando che le piastrine vengono vendute in coppia di due esemplari identici al prezzo di L. 10.000 (spese di spedizione comprese). L'importo deve essere inviato anticipatamente a mezzo vaglia postale, assegno bancario o conto corrente postale n° 46013207.
Il fotoaccoppiatore FA, esteriormente simile ad un integrato, dotato di sei terminali, deve essere innestato su apposito zoccoletto, onde evitare le operazioni di saldatura a stagno direttamente sui piedini del componente.
Come abbiamo già detto, non trovando in commercio il modello di fotoaccoppiatore prescritto nell'elenco componenti, questo potrà essere sostituito con qualsiasi altro modello reperibile in commercio.
Nell'applicare il diodo led temporizzato DLT, si faccia bene attenzione alle posizioni dei due elettrodi di anodo e di catodo, che non debbono essere scambiati erroneamente tra loro in sede di cablaggio.
Per il trasformatore T1 è possibile utilizzare un qualsiasi modello, purché munito di avvolgimento primario a 220 Vca e secondario a 12 Vca. Anche se questo può essere sostituito con altro modello con secondario a 24 Vca, che implicherebbe l'impiego, per LP, di una lampada-pisello da 24 Vca - 0,3 A max.
Ricordiamo, infine, che per T1 si possono utilizzare i normali trasformatori per campanelli elettrici.

VENDITE ACQUISTI PERMUTE

Di questa Rubrica potranno avvalersi tutti quei lettori che sentiranno la necessità di offrire in vendita, ad altri lettori, componenti o apparati elettronici, oppure coloro che vorranno rendere pubblica una richiesta di acquisto od un'offerta di permuta.
Elettronica Pratica non assume alcuna responsabilità su eventuali contestazioni che potessero insorgere fra i signori lettori e sulla natura o veridicità del testo pubblicato. In ogni caso non verranno accettati e, ovviamente, pubblicati, annunci di carattere pubblicitario.
Coloro che vorranno servirsi di questa Rubrica, dovranno contenere il testo nei limiti di 40 parole, scrivendo molto chiaramente (possibilmente in stampatello).

COMPRO i seguenti fascicoli di Elettronica Pratica, pago L. 5.000 la copia: Gennaio 1974 - Febbraio 1978, 1980, 1982 - Marzo 1980, 1982 - Aprile 1972, 1973, 1976, 1979 - Giugno 1973, 1982 - Luglio 1974, 1982, 1983 - Agosto 1974, 1975, 1976, 1977, 1982 - Ottobre 1986 - Novembre 1977, 1979, 1981, 1982, 1985, 1987 - Dicembre 1973.
GIROLAMO - Tel. (0771) 721131.

VENDO cerco scambio programmi MS DOS COMP su dischi 5 1/4. Eseguo Montaggi kit prezzi modici. Vendo riviste di elettronica (annate intere o singole). Chiedere lista.
SANGALLI EZIO - Via La Rocca, 21/5 - 17100 SAVONA Tel. (019) 804479 ore serali.

CERCO libretto di istruzioni, anche fotocopiato, dell'alimentatore ELBEX 3 - 15 V 5 A modello NT 052510.
BARONE DIEGO - Via Giardino Botanico, 8 - 55100 LUCCA Tel. (0583) 953850 ore pasti.

ESEGUO montaggi circuiti elettronici ogni tipo es.: computers, ampli, organi elettronici ecc. per ditte o privati.
LETTIERI ANTONIO - Vicolo Gorgo, 15 - 33100 UDINE Tel. (0432) 509932 ore 12/15 - 19/21.

CERCO annate 1990/91 rivista "SUONO" prezzo da concordare, preferibilmente zona Bari.
ZAPPELLONI ALDO - Via Ragusa, 7 - 70121 BARI Tel. (080) 339974 ore serali

ESEGUO montaggi di kit - zona Latina.
CASTEGINI MARCO - Via Fogalone, 10 - 04010 BORGO SABOTINO (Latina) Tel. (0773) 28476 (dopo le ore 19)

IL SERVIZIO È COMPLETAMENTE GRATUITO

PER PC IBM e compatibili vendo in blocco a L. 100.000 oltre 15 programmi su dischetti tra cui: Word Star, Lotus 123, D. Base III. Eureka, Cyrus, Turbo Basic e altri.
BRANCAGLION UBALDO - Via Chignolo, 7 - 13050 PORTULA (Vercelli) Tel. (015) 756883

VENDO ricetrasmittente standard C 168 nuova, garanzia - imballo originali. 40 Mem. paging - DTMF - manuali inglese/italiano, pile L. 400.000 non trattabili. Qualsiasi prova mio domicilio.
ZANIBONI ALDO - V.le Michelangelo, 83 - 80129 NAPOLI Tel. (081) 5788855 dopo 15,30 o sera 21/22

PER I VOSTRI INSERTI

I signori lettori che intendono avvalersi della Rubrica « Vendite - Acquisti - Permute » sono invitati ad utilizzare il presente tagliando.

TESTO (scrivere a macchina o in stampatello)

____

____

____

____

____

____

Inserite il tagliando in una busta e spedite a:

ELETTRONICA PRATICA

- Rubrica « Vendite - Acquisti - Permute »
Via Zuretti, 52 - MILANO.

LA POSTA DEL LETTORE

Tutti possono scriverci, abbonati o no, rivolgendoci quesiti tecnici inerenti a vari argomenti presentati sulla rivista. Risponderemo nei limiti del possibile su questa rubrica, senza accordare preferenza a chicchessia, ma scegliendo, di volta in volta, quelle domande che ci saranno sembrate più interessanti. La regola ci vieta di rispondere privatamente o di inviare progetti esclusivamente concepiti ad uso di un solo lettore.

SENSIBILITÀ AI DISTURBI

Gestisco un piccolo laboratorio di montaggi di apparati elettronici su ordinazione. Che hanno sempre soddisfatto la mia clientela, sollevando soltanto qualche osservazione sulla sensibilità di questi ai disturbi elettrici. Soprattutto quando si tratta di circuiti antifurto o di automatismi. Per tali motivi mi sono deciso di scrivervi allo scopo di sapere da voi se esiste un metodo semplice e rapido per valutare la disponibilità delle apparecchiature elettroniche a subire dannose interferenze sul proprio funzionamento a causa della presenza, negli spazi circostanti, di segnali molesti.

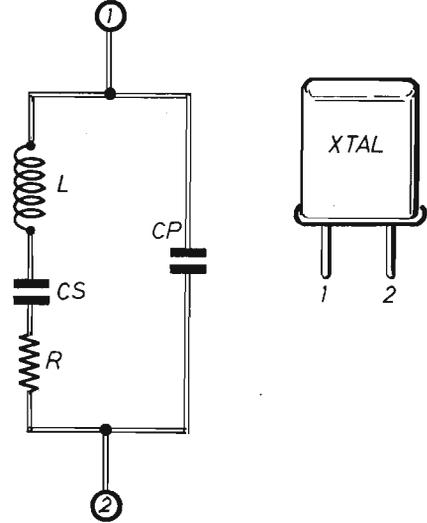
GUERRINI SERGIO
Rovigo

Il problema che lei espone è veramente interessante ed attuale. Perché l'inquinamento elettromagnetico degli spazi, vale a dire il continuo aumento delle interferenze di tale natura, ha raggiunto ormai livelli preoccupanti. Basta pensare alla diffusione dei regolatori a triac di lampade e motori, che attualmente possono controllare potenze elettriche dell'ordine delle migliaia di watt, oppure alla presenza di relé e di motori elettrici nelle zone residenziali, per convincersi con quale stato di degrado elettrico dobbiamo convivere. Contro il quale, per la verità, sono state e si stanno promulgando norme sempre più severe, in particolar modo mirate a migliorare la qualità degli assorbimenti dalla rete di distribuzione elettrica. Ad ogni modo, la difesa dai campi elettromagnetici e dalle scariche elettrostatiche è un dovere di tutti. E per esercitarlo serve un generatore di alta tensione, munito di appositi puntali, in grado di applicare le scariche sull'apparato sotto controllo, in prossimità dei circuiti e non direttamente su questi e tra i vari punti della massa o della custodia metallica. Ricordando sempre che il dispositivo analizzato deve trovarsi in condizioni di lavoro normali, con tutti i cavi collegati, perché, spesso, proprio questi sono i più esposti. Per quanto riguarda il generatore di alta tensione, le consigliamo di utilizzare quello il cui progetto è stato presentato nel fascicolo arretrato di settembre 1988, a pagina 519, sostituendo, eventualmente, il circuito collegato all'avvolgimento primario del trasformatore, con quello pubblicato a pagina 458 del fascicolo luglio-agosto dello stesso anno. Perché questo, per mezzo del trimmer R4, permette di regolare la frequenza delle scariche. Operazione assai importante durante le prove, dato che, generalmente, un aumento della frequenza delle scariche comporta un aumento di errore di giudizio.

INSERIMENTO DEI QUARZI

Non ho ancora individuato, nelle vostre pubblicazioni, un articolo relativo al comportamento dei quarzi oscillanti in serie e in parallelo.

CERATI GIAN PAOLO
Varese

Certamente, in questa sede, non è possibile esaurire completamente l'argomento, che potrà invece formare il tema conduttore di un prossimo articolo. Per ora possiamo ricordarle che un quarzo può oscillare in serie o in parallelo, in relazione con il sistema di impiego del componente, in questo o quel circuito oscillatore. In particolare, il quarzo può essere tagliato per oscillare meglio in serie oppure in parallelo e ciò importa soprattutto quando interessa una grande precisione della frequenza generata. Ma di solito il quarzo oscilla con risonanza in serie. Lo schema, qui riportato, interpreta il comportamento di un qualsiasi quarzo. Nel collegamento in serie entrano in gioco l'induttanza L, il condensatore in serie CS e la resistenza R. L'impedenza relativamente elevata del condensatore in parallelo CP rimane praticamente cortocircuitata dal basso valore di impedenza introdotto dalla resistenza R.

CACCIA AI DISTURBI

Sul mio radioricevitore hi-fi si verifica un fenomeno spiacevole. Assai spesso le emittenti locali RAI si sovrappongono rendendo impossibile l'ascolto. Un tecnico da me consultato mi ha assicurato che il difetto non dipende dall'apparecchio. Infatti, ben diverse sono le ricezioni con alimentazione da rete e quella con pile. Cosa mi potete dire?

LAUDISA FRANCO
Leece

Si tratta certamente di un difetto imputabile alle troppe apparecchiature elettroniche presenti in casa. Nelle quali, ad esempio, la presenza di diodi rettificatori rappresenta un sistema di rivelazione di segnali da radiofrequenza, che vanno a modulare quelli delle emittenti radiofoniche. Occorre dunque agire su questi componenti nel modo indicato in A, quando si tratta di un solo diodo o in quello segnalato in B quando ci si trova in presenza di ponti raddrizzatori. I condensatori, da collegare in parallelo con i semiconduttori, devono essere di tipo ceramico e del valore di 20.000 pF ÷ 100.000 pF.

LA VALVOLA 4CX 250 B

Potrei conoscere, attraverso una vostra diretta risposta o tramite la rubrica "La posta del Lettore" le caratteristiche elettriche della valvola elettronica 4CX 250?

DE MARCO ALESSIO
Cosenza

La valvola citata viene utilizzata nei circuiti trasmettitori. È largamente diffusa, di facile reperibilità commerciale e costa poco. Ma richiede uno zoccolo speciale che, a volte, costa più del tubo stesso. Durante il funzionamento necessita di una ventilazione forzata. Può erogare una potenza, a radiofrequenza, di 0,5 KW. È realizzata in ceramica e metallo e può sembrare assai robusta, mentre si rivela alquanto fragile. La seconda griglia G2 fa capo ad un anello metallico (RING) che, con l'apposito zoccolo, funge da condensatore di fuga RF.

offerta speciale!

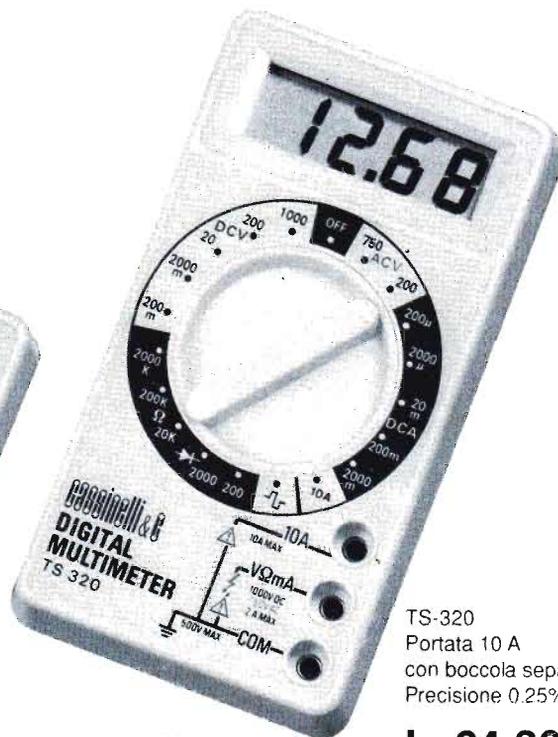
NUOVO PACCO DEL PRINCIPIANTE

Una collezione di dieci fascicoli arretrati accuratamente selezionati fra quelli che hanno riscosso il maggior successo nel tempo passato.

L. 15.000

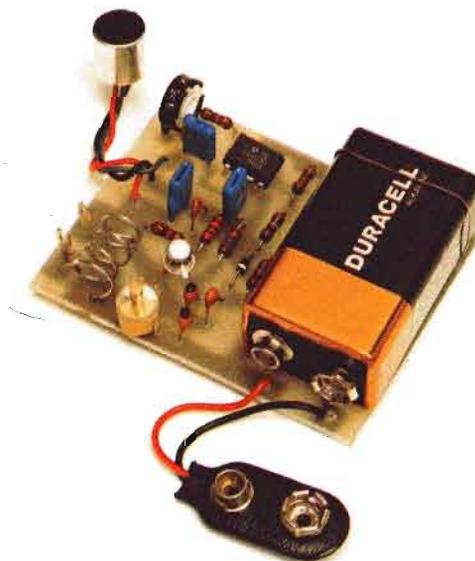
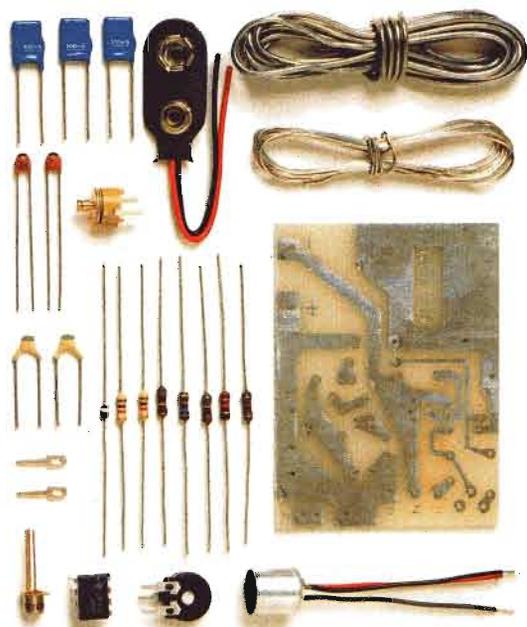
Per agevolare l'opera di chi, per la prima volta è impegnato nella ricerca degli elementi didattici introduttivi di questa affascinante disciplina che è l'elettronica del tempo libero, abbiamo approntato un insieme di riviste che, acquistate separatamente verrebbero a costare L.5.000 ciascuna, ma che in un blocco unico, anziché L.50.000, si possono avere per sole L. 15.000.

Richiedeteci oggi stesso IL PACCO DEL PRINCIPIANTE inviando anticipatamente l'importo di L. 15.000 a mezzo vaglia postale, assegno o c.c.p. n. 916205, indirizzando a: Elettronica Pratica - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52.

STRUMENTI DI MISURA

Gli strumenti pubblicizzati in questa pagina possono essere richiesti inviando anticipatamente l'importo, nel quale sono già comprese le spese di spedizione, tramite vaglia postale, assegno bancario o conto corrente postale n. 46013207 a: STOCK RADIO - 20124 MILANO - Via P. Castaldi, 20.

MICROTRASMETTITORE FM 52 MHz ÷ 158 MHz

IN SCATOLA DI MONTAGGIO L. 24.000

Funziona anche senza antenna. È dotato di eccezionale sensibilità. Può fungere da radiomicrofono e microspia.

L'originalità di questo microtrasmettitore, di dimensioni tascabili, si ravvisa nella particolare estensione della gamma di emissione, che può uscire da quella commerciale, attualmente troppo affollata e priva di spazi liberi.

CARATTERISTICHE

EMISSIONE	: FM
GAMME DI LAVORO	: 52 MHz ÷ 158 MHz
ALIMENTAZIONE	: 9 Vcc ÷ 15 Vcc
ASSORBIMENTO	: 5 mA con alim. 9 Vcc
POTENZA D'USCITA	: 10 mW ÷ 50 mW
SENSIBILITÀ	: regolabile
BOBINE OSCILL.	: intercambiabili
DIMENSIONI	: 6,5 cm × 5 cm

La scatola di montaggio del microtrasmettitore, nella quale sono contenuti tutti gli elementi riprodotti qui sopra, costa L. 24.000. Per richiederla occorre inviare anticipatamente l'importo a mezzo vaglia postale, assegno bancario o conto corrente postale n. 46013207 intestato a: STOCK RADIO - 20124 MILANO - Via P. Castaldi, 20.